

The background of the entire cover is a close-up photograph of soybean pods. The pods are dark, almost black, and are clustered together on a stem. The lighting is soft, highlighting the texture of the pods and the veins on the stem. The background is slightly blurred, creating a sense of depth.

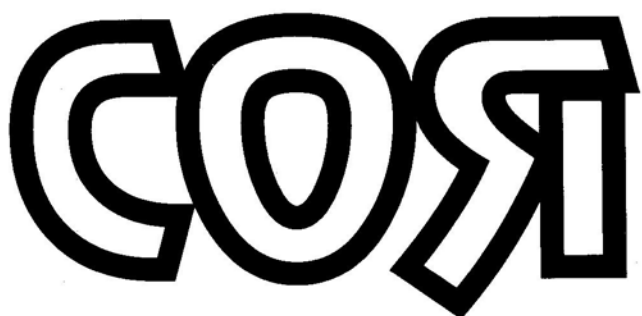
大豆

О.Г. Давыденко, Д.В. Голоенко, В.Е. Розенцвейг

ГосАгро

для умеренного климата

О.Г.Давыденко, Д.В.Голоенко, В.Е.Розенцвейг



для умеренного климата

Минск
«Тэхналогія»
2004

УДК 635.655

ББК 42.113

Д13

Давыденко О.Г.

Д13 Соя для умеренного климата / О.Г.Давыденко,
Д.В.Голоенко, В.Е.Розенцвейг. — Мн.: Тэхналогія,
2004. — 173 с.

ISBN 985-458-111-X.

В книге содержится общая информация о культуре сои, раскрывается ее значение в мировой экономике. Приводятся сведения об истории возделывания и селекции сои в Беларуси. Увлекательно описана работа ученых по адаптации ее к умеренному климату. Даются рекомендации по технологии возделывания сои и применению средств защиты. Авторы приводят объективные научные данные по проблеме использования генетически модифицированной сои и продуктов из нее.

Для селекционеров, агрономов, преподавателей и студентов вузов соответствующего профиля, а также всех интересующихся этой новой культурой и возможностями ее использования.

УДК 635.655

ББК 42.113

ISBN 985-458-111-X

© Давыденко О.Г., Голоенко Д.В.,
Розенцвейг В.Е., 2004

© Оформление. «Тэхналогія», 2004

ПРЕДИСЛОВИЕ

В течение XX века о сое написано сотни книг. Зачем понадобилась еще одна? В ней мы хотим рассказать о том, как соя начала продвигаться на север, о создании новых сортов, приспособленных к длинному летнему дню и способных вызревать при сравнительно низких температурах, давая неплохие урожаи зерна с высоким содержанием белка и масла. Соя уже возделывают в таких странах, как Беларусь, Польша, Великобритания. Это стало возможным благодаря созданию специальных сортов и разработке агротехники возделывания сои для умеренных широт. Вместе с тем возделывание сои в новых регионах требует и определенной подготовки специалистов, которые будут выращивать ее как для производства семян, так и для получения товарной продукции и ее последующей переработки. Мы хотели бы также поделиться своими знаниями и почти 25-летним опытом изучения сои с теми, кто в будущем будет создавать новые сорта этой культуры для северных регионов. Для населения, которое еще плохо знакомо с новой культурой, необходимы знания о возможностях использования сои в своем домашнем хозяйстве или в качестве здоровой полноценной пищи.

В последние годы очень много говорят и пишут о генетически модифицированных растениях и продуктах, в том числе и о сое. Чаще всего в публичных дискуссиях участвуют малосведущие, но падкие на сенсацию люди. Хотелось бы правдиво и научно осветить и эту проблему.

Наша первая книга, вышедшая почти десять лет назад (О.Г. Давыденко. Внимание: соя. Минск: Ураджай, 1995) достаточно большим тиражом — 5000 экз., была распродана очень быстро. Сегодня интерес населения и специалистов к этой культуре значительно возрос.

Все это позволяет надеяться, что и данная книга будет востребована читателем.

Авторы выражают искреннюю благодарность всем, кто оказал существенную помощь при написании этой книги, в первую очередь сотрудникам компании «Соя-Север»:

селекционеру и соавтору наших сортов Ольге Васильевне Шаблинской — за ее самоотверженный труд, без которого не были бы получены многие результаты нашей совместной работы;

агрономам-семеноводам Александру Александровичу Зубковичу, Николаю Семеновичу Карако, Николаю Сергеевичу Прохорову, Николаю Николаевичу Баранову, Флориану Иосифовичу Панкратовичу, при участии которых была подготовлена глава 11;

ведущему научному сотруднику лаборатории нехромосомной наследственности Института генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси Нине Генусовне Даниленко, ведущему научному сотруднику лаборатории селекции картофеля этого же института Валерию Евгеньевичу Подлиских, при участии которых написана глава 13;


сотрудникам Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений: директору Александру Михайловичу Старовойтову, заместителю начальника отдела испытания сортов на хозяйственную полезность Людмиле Васильевне Юхновец, заведующему Лунинецким государственным сортоучастком Ивану Ивановичу Гладовскому с сотрудниками — за их многолетнюю работу по сортоиспытанию сои;

Сергею Михайловичу Тымчуку (Институт растениеводства имени В.Я. Юрьева в г. Харькове, Украина) — за анализы биохимического состава зерна.

Авторы

Глава 1

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗНООБРАЗИЕ ФОРМ КУЛЬТУРНОЙ СОИ

Никто точно не может установить, когда возникла культурная соя. Слово «соя» произошло от китайского «да-доу». В китайской иероглифической письменности оно обозначается так  и означает буквально «большой боб». Первое упоминание о сое мы находим еще в 2838 году до новой эры в книге китайского императора Шэнь Нунга. А в V веке до новой эры в древней китайской книге «Материя медика» соя упоминается как одно из пяти волшебных и лекарственных растений наряду с рисом, ячменем, пшеницей и просом. Семена этих растений во время торжественных церемоний китайский император сеял собственными руками. В Китае, Японии, Корее и Маньчжурии тысячи лет назад люди знали сотни рецептов различных лекарств, основанных на использовании сои. В глубокой древности буддистские монахи научились изготавливать из нее молоко и сыр, соевый соус и другие полезные блюда.

Есть все основания полагать, что соя — одно из древнейших культурных растений, используемых человеком с незапамятных времен. В XX веке соя открыта человеком заново. Она получила быстрое распространение на всех континентах и самое широкое применение в кулинарии, животноводстве, в промышленности и медицине. Произошло это потому, что благодаря бурному развитию науки стали понятны «волшебные» свойства этого растения. Научно обоснованные методы позволили ускорить селекционный процесс и сконструировать новые сорта, способные вызревать и приносить более высокий урожай даже в тех районах земного шара, где соя

раньше никогда не росла, а стремительное развитие технологии привело к тому, что она превратилась в одно из самых «технологичных» растений, из которого производят более 20 000 продуктов самого разного назначения.

Согласно теории великого генетика Николая Вавилова, каждое культурное растение имеет географический центр происхождения. В этом центре, как правило, наблюдается наибольшее разнообразие наследственно измененных форм. Центром происхождения культурной сои является Северо-Восточный Китай — Маньчжурия. Возможно, что это растение возникло в Юго-Восточной Азии или в горных районах Центрального и Западного Китая, но его окультуривание наиболее интенсивно происходило в Маньчжурии во время правления китайской династии Шу (XI—VII века до новой эры). По крайней мере именно в Маньчжурии встречается самое большое разнообразие культурных, полукультурных и диких форм сои.

Из своего первичного центра еще в древности соя начала распространяться на другие территории — Японию, Южный Китай, Индию, в области российского Дальнего Востока. 200—300 лет тому назад она начала проникать в Грузию, Украину, на Кубань и Северный Кавказ.

В Западной Европе соя известна лишь с 1712 года, а в 1765 году она была завезена в Северную Америку. В первой половине XIX века в США были проведены первые опыты с этим растением. Их целью было получение доказательств, что климат того или иного штата пригоден для выращивания ввезенных в США сортов сои. В Западной Европе широкую известность эта культура получила только после международной выставки в Вене в 1878 году, на которой китайцы демонстрировали большое разнообразие блюд из нее. В этот же период в Европе начинаются исследования относительно возможности выращивания сои и использования ее в питании людей. Однако в то время ни в США, ни в Европе соя пока не получила широкого распространения.

В промежутке между двумя мировыми войнами соя начинает быстро завоевывать сельское хозяйство Соединенных Штатов. Сначала ее используют как сенокосную культуру, а

затем все больше как зерновую. Сегодня соевый бизнес в США один из самых мощных — страна производит 60—70% мирового количества сои и соевых продуктов и по сути дела контролирует рынок сои во всем мире. Эта культура в настоящее время во многом определяет не только мировую экономику, но и мировую политику.

В отличие от видов, сравнительно недавно введенных человеком в культуру, соя представлена чрезвычайно большим разнообразием сортов, форм и подвидов. Поэтому довольно трудно описать сою как вид вообще. Везде, где речь пойдет о количественных признаках, у сои достаточно широкий размах изменчивости: от двадцатисантиметровых карликов до двухметровых растений; от растений с периодом вегетации на юге Центральной России в 75 дней до растений, которые не могут цвести и вызревать даже в Сочи, а их период вегетации вблизи экватора составляет около 200 дней. Поэтому, говоря о видовых характеристиках, всегда следует помнить, что кроме общих характеристик вида существует и созданное человеком за тысячелетия истории этой культуры разнообразие сортов и форм.

Культурная соя — однолетнее травянистое растение из семейства бобовых. Наиболее распространенное латинское название этого вида в настоящее время — *Glycine max* (L.) Merrill. Первое латинское название сое, как и многим другим видам, дал Карл Линней в своей книге «Виды растений», изданной в 1767 году. Он назвал ее *Dolichos soja*. В советской литературе 30—70-х годов чаще всего использовалось другое название *Glycine hispida* (Moench.).

Кроме культурной сои к этому роду относятся еще более 10 диких видов, произрастающих в Австралии, Африке и Азии. Диплоидное число хромосом видов рода *Glycine* чаще всего равно 40, реже 80 (*G. hirticaulis*, некоторые формы *tabacina*, *tomentella*), в пределах последнего вида обнаружены также анеуплоиды с 38 и 78 хромосомами. Таким образом, число хромосом кратно 20, реже 19. Хотя при конъюгации образуются нормальные биваленты, морфологически хромосомы демонстрируют попарное сходство. Поэтому соя, видимо, является природным тетраплоидом, претерпевшим

вторичную диплоидизацию как результат дивергенции парных хромосом (Лещенко и др., 1987). Вероятно, в эволюции этого рода, так же как и в эволюции многих других покрытосеменных растений, важную роль играла полиплоидия, т.е. кратное изменение числа хромосом. Подобно представителям злаков, среди видов сои выделяют различные геномы, обозначая их буквами. Вероятно, первичным центром происхождения дикорастущих видов рода *Glycine* следует считать австралийский. Среди видов из этого очага происхождения есть и многолетние растения, виды с высокой засухоустойчивостью, сильным иммунитетом против болезней и вредителей, с необычайно высоким содержанием белка (до 56%), низким содержанием ингибиторов трипсина и другими полезными признаками. Селекционное значение этих видов еще далеко не раскрыто ввиду пока безуспешных попыток гибридизации.

Наиболее близки к сое культурной — соя уссурийская (*Glycine soja* = *G. ussuriensis*) и соя грацилис (*G. gracilis*). У них то же число хромосом, что и у культурной сои — 20 пар, и гибриды с культурной соей дают плодовитое потомство. Большинство авторов предполагают, что культурная соя произошла от уссурийской путем накопления мутаций без изменения числа хромосом, а *G. gracilis* является одичавшей формой культурной сои или возникла из природных гибридов этих двух видов. Опыты А.Я. Алы по искусственному мутагенезу уссурийской сои показывают, что в потомстве облученных растений можно найти мутанты, по многим признакам напоминающие культурную сою, а искусственный отбор может за несколько поколений привести к созданию форм, близких по своим характеристикам к культурным сортам. Так, например, вьющийся стебель изменяется на прямостоячий, увеличивается размер листьев, бобов и семян (Щелко, 1995).

Хотя существует много классификаций культурной сои, наиболее удобной и распространенной является классификация, предложенная российским ученым В.Б. Енкеном в 1959 году (Лещенко и др., 1987). Позже она была дополнена другими исследователями. Согласно этой классификации вид

Glycine max (L.) Merrill разделен на 6 подвидов в соответствии с их географо-экологическим распространением и морфологическими характеристиками.

Подвид *gracilis* — полукультурный. Сорта этого подвида встречаются в Северо-Восточном и Центральном Китае. Ряд исследователей считают его самостоятельным видом. Большинство авторов в последнее время склоняются к гипотезе о гибридном происхождении данного таксона (Лещенко и др., 1987). Не исключено также, что это наиболее примитивные древние сорта сои и одичавшие культурные растения. Большинство представителей по периоду вегетации относятся к среднеспелым. Среди них встречаются как высокорослые выющиеся, так и низкорослые формы. Опушение на стеблях, листьях и бобах редкое, беловатое или светло-рыжее. Стебли и ветви тонкие, округлые, листья небольшого размера, но они формируются на растении в большом количестве, бобы плоские, короткие, слегка изогнутые, светло-рыжие, бурые или черноватые. Семена очень мелкие (масса 1000 семян от 40 до 70 г), овально-плоские, коричневые, черные или черно-бурые, обычно медленно набухают в воде, содержат много белка (43—46%) и мало масла (14—16%).

Подвид *indica* — индийский. Распространен в Индии. Сорта данного подвида также являются древними. В отличие от сортов полукультурного подвида они очень позднеспелые. Среди них много стелющихся и выющихся форм. На растениях образуются ветви не только первого, но и второго порядка. Опушение густое, беловатое или светло-рыжее. Бобы короткие и узкие. Семена овально-плоские или овально-удлиненные, преобладают семена с темной пигментацией кожуры, мелкие (масса 1000 семян 45—100 г).

Подвид *chinensis* — китайский. Эта группа сортов распространена на обширной территории Китая, в Индокитае, реже — в Японии, Корее, Индии, на российском Дальнем Востоке и в США. Это поздние и очень поздние сорта с повышенной ветвистостью, склонные к завиванию и полеганию, среди них много стелющихся. В верхнем ярусе растения листья значительно мельче, чем в нижнем. Растения характеризуются повышенной облиственностью. Степень опушенности

стеблей, листьев и бобов различная — от полностью неопушенных до растений с густым опушением. Бобы узкие, плоские и малосемянные. Семена несколько крупнее, чем у полукультурного и индийского подвидов (масса 1000 семян от 60 до 140 г). Крупносемянные формы встречаются очень редко. Большинство сортов имеет светлую (желтую) окраску семян, но встречаются и темноокрашенные.

Подвид *manshurica* — маньчжурский. Распространен в Китае, Японии, Корее, на Дальнем Востоке, в Сибири и на европейской территории России, в Украине, США, Канаде, встречается на Балканах. К нему относятся сорта ранне- и среднеспелые с периодом вегетации в местах произрастания от 80 до 140 дней. Ветвистость куста средняя, ветви второго порядка отсутствуют. Стебли толще, чем у вышеописанных групп сортов. Верхушечные листья всегда мельче, чем листья средних и нижних ярусов. Листья обычно широкие, яйцевидные. Опушение густое, рыжевато-белое. Бобы средней длины и ширины, чаще узкие. Семена среднего размера (масса 1000 семян от 140 до 190 г), овальные или шаровидные. У большинства сортов кожура семян желтая, но встречаются с зеленой, коричневой и черной окраской. В семенах обычно содержится 19—23% масла и 39—43% белка.

Подвид *korajensis* — корейский. Распространен в Корее, Японии, Китае, Индии, Западной Грузии. Большинство сортов — поздние, вызревающие в местах произрастания за 140—180 дней, но есть отдельные формы с периодом вегетации 90—130 дней. Ветвистость средняя или высокая, стебли толстые и грубые. Листья крупные, в верхнем ярусе уменьшаются незначительно. Опушение от среднего до редкого, беловатое, светло-рыжее или рыжее. Цветки крупные, кисти средние или многоцветковые. Бобы крупные, широкие, в большинстве двухсемянные, склонны к растрескиванию. Окраска бобов желто-бурая или светло-рыжая. Для сортов этого подвида характерны самые крупные семена, чаще со светлой окраской кожуры. Содержание масла в семенах 17—20%, белка — 39—43,5%.

Подвид *slavonica* — славянский. Распространен в Европе: Россия, Молдова, Украина, Северный Кавказ, Румыния,

Венгрия, Болгария, Югославия. Состоит из скоро- и среднеспелых сортов с периодом вегетации в местах произрастания от 85 до 120 дней. Растения низкорослые или средней высоты. Ветвистость повышенная, нижние ветви прикреплены низко. Большинство форм склонны к полеганию, но встречаются и высокоустойчивые к полеганию сорта. Листья одинаковые во всех ярусах — средние или мелкие. Опушение густое, чаще всего рыжее и лишь изредка беловатое. Цветки мелкие, фиолетовые, кисти среднецветковые. Бобы короткие, чаще двухсемянные. Большая часть бобов расположена в нижней трети куста. Семена мелкие или средние (масса 1000 семян 100—130 г). Форма семян овальная, ближе к округло-выпуклой. Окраска кожуры семян чаще всего желтая, рубчик коричневый с белым глазком. Содержание масла в семенах 18—20%, белка — 38—43%.

Хотя классификация подвидов весьма условна, тем не менее она оказывает большую помощь селекционеру, помогая понять, как многовековая неосознанная селекция, агротехника возделывания и климатические условия того или иного региона изменяют шаг за шагом внешний вид растения. Сорта полукультурного, китайского и индийского подвидов содержат еще очень много признаков «дикарей» — они мелкосемянные, маломасличные, обладают слабым вьющимся и полегающим стеблем и чаще всего темной пигментацией кожуры. Вместе с тем они уже отселектированы для своих районов возделывания — более поздние сорта индийского подвида адаптированы к более южным широтам, китайского — к более северным и горным районам.

Сорта маньчжурского подвида приспособлены к еще более северным ареалам возделывания. На севере США генетическая основа 80% используемых сортов представлена только десятью сортами, относящимися к маньчжурскому подвиду. Кроме того, большинство сортов, используемых на Дальнем Востоке России (а это 90% посевных площадей всего СНГ), также сорта этого подвида. Таким образом, прародителями огромного разнообразия сортов обширной зоны возделывания явилось сравнительно небольшое число сортов, относящихся к маньчжурскому подвиду. Среди сортов ука-

занной группы имеется много форм со слабой реакцией на продолжительность дня.

Формы корейского подвида демонстрируют результат длительной селекции в оптимальных для данного вида условиях выращивания: тепло, обилие влаги, плодородные почвы. У этих сортов отбор был направлен на сохранение и поддержание толстостебельных, ветвящихся, широколистных и крупносемянных форм. Однако у отмеченных форм есть и существенный недостаток — растрескивание бобов при созревании и растрескивание кожуры семян. На основе средних и поздних образцов этого подвида были созданы сорта юга США, а при использовании раннеспелых форм — сорта, культивируемые в Швеции.

Славянский подвид отражает эволюцию форм, привнесенных человеком из Азии в Европу, вероятно, в прошлом веке. Хотя эти формы довольно хорошо приспособлены к европейским условиям, тем не менее они обладают рядом недостатков: низкое прикрепление бобов, склонность к полеганию и завиванию, относительная мелкосемянность, темная окраска кожуры семян. Вероятно, на внешний вид растений накладывает отпечаток и технология их возделывания. Такие формы могли удовлетворять человека при использовании их в качестве огородных, при выращивании же этих форм на больших массивах полей трудно и даже невозможно использовать их биологический потенциал. Нет сомнения, что новые условия выращивания, необходимость продвижения сои на север от традиционных зон возделывания создают и новые требования к сортам. В процессе селекции, особенно используя достижения бурно развивающейся молекулярной генетики и биотехнологии, человек может создавать новые сортотипы. Таким образом, эволюция сои, так же как и других культурных растений, продолжается человеком. Однако в отличие от природной она идет значительно быстрее.

Глава 2

БОТАНИЧЕСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОИ

Морфология сои

Соя — однолетнее растение, и поэтому весь жизненный цикл ее укладывается в один вегетационный период. Период вегетации в зависимости от климата и сорта длится от 70 до 250 дней.

Корневая система стержневая. Главный корень в верхней части толстый, через 10—15 см быстро уменьшается в диаметре и становится неотличим от боковых. Главный и боковые корни многократно ветвятся. Корневая система развивается в основном в пахотном слое на глубине до 30 см, но отдельные корни могут достигать глубины 2 м в зависимости от влажности и структуры почвы. Тонкие корни составляют более половины массы корневой системы. На кончиках корней имеются очень короткие корневые волоски. Через 7—10 дней после появления всходов на главном и боковых корнях, расположенных в пахотном слое, появляются клубеньки, в которых происходит фиксация атмосферного азота. Клубеньки образуются путем взаимодействия тканей корня с симбиотическими азотфиксирующими бактериями рода *Rhizobium*. Благодаря бактериям соя получает дополнительное азотное питание, синтезируемое ими из азота воздуха, а бактерии получают от сои углеводы, которые она производит с избытком. Клубеньки могут образовываться и у других бобовых растений — гороха, фасоли, люпина, бобов, вики, но у каждого из них для образования клубеньков используется свой вид бактерий. Соя образует клубеньки с бактериями вида *Rhizobium japonicum* и ни с какими другими. В тех местах,

где соя растет в диком виде или очень часто используется в севообороте, в почве накапливается достаточно много бактерий, и контакт растений и бактерий происходит сам по себе. Там, где сою выращивают впервые и почвы не успели еще накопить достаточно много бактерий этого вида, клубеньки образовываться не будут. Для их образования необходимо вносить в почву культуру указанных бактерий.

Бактерии проникают в клетки корней растения через корневые волоски. По мере роста и деления этих клеток образуются клубеньки, представляющие собой специальное утолщение корня. Размер и количество клубеньков, эффективность их работы зависят от штамма и концентрации бактерий в почве, сорта растения и условий его выращивания. Обычно клубеньки образуются только в верхнем горизонте почвы. Исследования показывают, что при идеальных условиях 90% потребностей растения в азотном питании могут быть удовлетворены за счет симбиотической азотфиксации.

У культурных форм сои стебель грубый, цилиндрический, высотой от 15 см до 2 м, у сортов, пригодных для промышленного возделывания, — 60—100 см. При механизированной уборке низкорослых сортов наблюдается потеря большей части урожая. Высокорослые сорта старой селекции нередко обладали склонностью к полеганию, однако в современных коммерческих сортах этот параметр в основном значительно улучшен. При созревании, когда соя сбрасывает листву, растения некоторых сортов благодаря упругому стеблю способны вставать после полегания. Толщина стебля у основания доходит до 22 мм, в середине и ближе к верхушке — 4—10 мм. Склонность растений к полеганию находится в прямой зависимости от толщины стебля и его механических свойств. Существуют мутантные формы сои с так называемым фасцированным стеблем, сильно утолщенным и уплощенным (фото 11). Попытки использовать это свойство пока не привели к положительным результатам. На главном стебле может формироваться от 2 до 8 боковых ветвей. В условиях густого посева растения могут не образовывать боковых ветвей вообще. Есть сорта, склонные к сильному ветвлению и совсем не ветвящиеся, одностебельные. Форма куста

зависит от угла отхождения боковых ветвей от стебля, их числа и длины. Различают следующие формы кустов: сжатая, полусжатая, канделябροобразная, широкая (Международный классификатор рода *Glycine*, 1990).

При прорастании растения сои выносят на поверхность семядоли. Подсемядольное колено бывает либо зеленым, либо с антоциановой (фиолетовой) окраской различной интенсивности. У растений с антоциановой окраской подсемядольного колена цветки также фиолетового цвета, а у растений с зеленым подсемядольным коленом цветки белые. Этот признак очень важен для апробации (различения и подтверждения сортовой чистоты) сортов и диагностики гибридных растений на ранних стадиях развития. В период вегетации растения стебель сохраняет зеленый цвет или зеленый с антоциановой окраской некоторых частей. При созревании он становится светло-желтым, песочно-желтым, коричневым или серо-черным, одревесневает и приобретает прочность.

По характеру роста все сорта сои подразделяются на три типа: с детерминантным, полудетерминантным и индетерминантным типом роста. У *детерминантных* сортов количество узлов главного стебля предопределено уже в начале цветения, и в дальнейшем удлинение стебля происходит за счет интеркалярного роста, по завершении роста образуется верхушечная кисть (фото 1). Отметим, что детерминантные сорта могут быть как низкорослыми, так и высокорослыми; в последнем случае необходимо наличие генов, обуславливающих позднее цветение. *Полудетерминантные* сорта фенотипически сходны с высокорослыми детерминантными, однако характеризуются некоторым ростом стебля после начала цветения, которое по этой причине может наступать рано. Верхушечная кисть выражена. У *индетерминантных* сортов (фото 13) формирование новых узлов происходит в течение всего периода роста, цветение более продолжительное, а верхушечная кисть не образуется.

Все части стебля и листьев покрыты волосками серого или рыжего цвета. Изредка встречаются неопушенные формы сои (в основном в пределах корейского подвида: сорта

Nagaha hadaka 1, Chusei hadaka и др.). Густое опушение является хорошей защитой от некоторых насекомых, например тлей, а цвет опушения — простым маркерным признаком, который, как и окраску цветков, можно использовать в селекционной работе. Интересно, что большинство южных сортов сои обладают светлым опушением, тогда как сорта умеренных широт в основном коричневоопушенные. Дело в том, что в странах с жарким климатом светлое опушение, отражая солнечные лучи, способствует охлаждению агроценоза, а в областях с прохладным климатом темное опушение, напротив, способствует лучшему прогреву растений.

Снаружи стебель покрыт однослойным эпидермисом с толстым слоем кутикулы. Под ним находится пластинчатая колленхима, выполняющая механические функции, затем хлорофиллоносная ткань, которая так же, как и листья, участвует в фотосинтезе, и перициклические лубяные волокна, обеспечивающие рост стебля в толщину и придающие ему особую прочность и упругость.

Число узлов главного стебля колеблется от 6—7 у карликовых форм до 20—22 у индетерминантных позднеспелых сортов, у промышленных сортов нашей климатической зоны — 11—15. Длина междоузлий составляет от 3 до 15 см; на боковых ветвях и в середине стебля междоузлия длиннее, чем в верхней и нижней частях стебля. Число междоузлий и их длина — важные признаки для селекции. У наиболее продуктивных форм междоузлия короткие, прочные, формируются в большом количестве.

Настоящие листья у сои тройчатые, цельнокрайние, расположены они по одному в узле. Только у редких экзотических форм встречаются пяти- и семилисточковые листья. Семядоли после выноса на поверхность приобретают зеленую окраску и начинают функционировать не только как источник питательных веществ, но и как первые листья, утилизируя энергию света. Затем появляется первая пара настоящих примордиальных листьев, расположенных супротивно, а уже за ними — тройчатые листья. Черешок листа имеет длину 2—8 см. Листовые пластинки могут быть от 3 до 15 см шириной. По форме они бывают яйцевидными или ланцетовид-

ными (узкими) с острым или округлым кончиком. У узколистных сортов отмечается большее количество семян в бобе, чем у сортов с округлой формой листочка. Поверхность листа обычно гладкая и только у некоторых сортов — волнистая. Окраска от темно-зеленой до светло- и серо-зеленой — в зависимости от сорта и условий выращивания.

Цветки сои собраны в соцветие кисть. Соцветия расположены в пазухах листьев, на верхушках стебля и ветвей. Пазушные соцветия состоят из 3—11, у южных многоцветковых форм — из 17—20 цветков. В верхушечном соцветии может формироваться до 25 цветков и более. Особенностью сои является то, что плодов образуется значительно меньше, чем цветков, т.е. абортивность цветков достигает 60—80% (Szyrmer, 1987). Цветки у сои мелкие, едва заметные, непривлекательные, почти совсем лишены запаха. Чашечка состоит из пяти чашелистиков, а венчик — из пяти лепестков типичной для бобовых мотыльковой формы. Окраска лепестков белая или фиолетовая. В цветке формируется 10 тычинок. 9 из 10 тычиночных нитей срастаются между собой. Пыльники также очень мелкие, трех- или четырехгнездные. Пыльца клейкая, ярко-желтого цвета. Завязь верхняя, одногнездная. Рыльце плоское, расширенное, покрыто железистыми сосочками.

Опыление у сои осуществляется, когда венчик еще закрыт (клейстогамно). Цветки не приспособлены к перекрестному опылению — обычно формируется не более 0,3—0,5% семян, возникших от перекрестного опыления. Это позволяет выращивать на семена несколько сортов на одном участке без пространственной изоляции. Очень немного насекомых способно опылять это растение. Среди них одним из хороших опылителей является дальневосточная пчела-листорез.

Бобы у сои короткие, по форме могут быть прямые, изогнутые, серповидные, вздутые или плоские, содержат 1—3, реже 4 семени. Окраска бобов при созревании светло-желтая, рыжевато-коричневая, черная. В узлах формируется 1—3, реже до 6—8 бобов, в верхушечной кисти — 5—8 и более. Высота прикрепления нижних бобов колеблется от 3 до 25 см над поверхностью почвы. Этот показатель является

важным для промышленного возделывания сои, так как позволяет прогнозировать долю потерь биологического урожая при механизированной уборке. Хотя прикрепление нижних бобов зависит от сорта, данный показатель может быть улучшен при помощи ряда агротехнических приемов. Например, при использовании более густого стеблестоя или при несколько повышенных стартовых дозах азотных удобрений увеличивается и высота прикрепления нижних бобов, и общая высота растений.

Семена сои после их полного созревания имеют форму от шаровидной до овально-плоской. Кожура семян может быть окрашена в желтый, зеленый, коричневый или черный цвета, у промышленных сортов — только желтая. В месте соединения семени со створкой плода имеется рубчик желтого, коричневого, серого или черного цвета. Семядоли обычно светло-желтого цвета, у некоторых редких форм — зеленого. С практической точки зрения предпочтительнее сорта со светлой окраской кожуры и рубчика, что позволяет полнее использовать продукты переработки сои не только на кормовые цели, но и для получения более качественного растительного масла, кондитерских и других изделий пищевой промышленности, поскольку темные пигменты кожуры создают определенные технологические трудности при очистке этих продуктов.

Размер семян зависит от сорта и условий выращивания. Масса 1000 семян колеблется у культурных сортов от 70 до 350 г. Крупносемянные сорта не всегда более урожайные, так как продуктивность растения зависит не только от крупности семян, но и от их количества на растении и плотности растений на единицу площади. Кроме того, с технологической точки зрения более выгодными являются сорта мелко- и среднесемянные. У них семена меньше разрушаются при машинном обмолоте, чистке, сортировке, легче калибруются для использования в сеялках точного высева, их требуется меньше для посева и т.д. В то же время замечено, что более крупносемянные формы, как правило, более высокобелковые.

Кожура семян состоит из палисадного эпидермиса, гипо-

дермы, алейронового слоя и 1—2 рядов клеток остатка эндосперма, а зародыш — из двух семядолей и почечки с зачаточным корешком, стеблем и листьями. 90% массы семени составляют семядоли, 7—8% — кожура, а на долю зародыша приходится только 2—3%.

Физиологические потребности в абиотических факторах среды

Соя — светолюбивая культура, поэтому большое значение имеет равномерное размещение растений на площади посева. Позднеспелые высокорослые сорта, возделываемые в США или на юге России, традиционно высевались с шириной междурядий 60—70 см и густотой стояния около 20 растений на квадратный метр. Для менее мощных раннеспелых сортов оказалась необходимой более высокая плотность стеблестоя — 35—50 раст./м², но при сохранении упомянутой ширины междурядья растения размещались на площади крайне неравномерно. Поэтому при выращивании ранних сортов повсеместно перешли к междурядьям шириной 30—45 см, что сохранило возможность механической обработки посевов, позволив увеличить расстояние между растениями в ряду. С появлением новых высокоэффективных гербицидов стало возможным контролировать засоренность посевов сои и без культивации, чем и обусловлен постепенный переход к узкорядным (12—15 см) посевам в странах с высокой культурой земледелия. Этим способом посева достигается наиболее равномерное размещение растений на площади.

Соя является растением короткого дня. Короткодневные растения характеризуются тем, что в условиях короткого дня цветение начинается раньше, чем в условиях длинного дня. У каждого сорта сои существует своя реакция на продолжительность дня. Есть сорта, которые в условиях длинного летнего дня северных широт вообще никогда не переходят к цветению и плодоношению и могут начать цвести только при долготе дня 14 или даже меньше часов. У некоторых сортов в условиях длинного дня время перехода к цветению значи-

тельно растягивается. Если у других видов короткодневных растений для ускорения начала цветения требуется от 7 до 40 дней, у сои индукция цветения может быть вызвана экспонированием растений на коротком дне в течение 2—6 дней. Даже интенсивный лунный свет в ночное время может изменить реакцию растения в отношении времени начала цветения. Описано более 8 генов, контролирующих реакцию сои на фотопериод (долготу светового дня).

Продолжительность летнего дня, как известно, связана с географической широтой: чем дальше от экватора, тем длиннее день (в июне) в северном полушарии. Соя наиболее широко распространена между 35 и 45 градусами северной широты. Именно поэтому преобладающее количество сортов мировой коллекции являются растениями короткого дня. Большинство из них чрезвычайно чувствительны к изменению долготы дня. При интродукции и селекции новых сортов для северных широт необходимо учитывать эту особенность. Ее следует принимать во внимание и при выборе оптимальных сроков сева, поскольку даже на одной широте продолжительность дня в разные месяцы различна и реакция растений на это проявляется не только во времени наступления цветения, но и в изменении высоты растения, длины стебля, продуктивности.

Кроме долготы дня на развитие растений значительное влияние оказывают интенсивность солнечного излучения и его спектральный состав. Критическая интенсивность света, при которой растения практически не развиваются, составляет около 1000 люкс. Развитие растений зависит и от спектрального состава света. В период от всходов до цветения растения положительно реагируют на свет высокой интенсивности с преобладанием длинноволновой части спектра, в период формирования репродуктивных органов лучше действует свет слабой интенсивности с преобладанием длинноволновых лучей, а в период от цветения до созревания соя слабо реагирует на спектр и интенсивность света.

В последние годы в связи с продвижением сои на север появляется все больше сортов с нейтральной или слабой реакцией на фотопериод.

Соя всегда считалась теплолюбивым растением, требующим для созревания большой суммы активных температур. Однако в последние годы выведено много ультрараннеспелых форм, требующих для вызревания суммы активных температур от 1700 до 2200°C. Во всех областях Беларуси этот показатель даже выше. На стадии всходов и при дальнейшем развитии после появления настоящих листьев растения сои сравнительно легко переносят краткосрочные заморозки до -2°C. Даже на стадии цветения благодаря продолжительности этой фазы и тому, что цветков образуется гораздо больше, чем впоследствии плодов, соя легко переносит временное резкое снижение температуры или другие неблагоприятные факторы.

После налива бобов в стадии созревания растения сои так же холодостойки, как молодые растения, а семена не теряют жизнеспособности даже после воздействия температуры ниже нуля. Высокая холодоустойчивость сои на поздних стадиях развития, а также нерастрескивание бобов у сортов сои, приспособленных к возделыванию в Беларуси, позволяют при наступлении неблагоприятных условий отложить механизированную уборку до наступления заморозков или более благоприятной погоды без значительных потерь урожая или качества семян.

Биологический минимум для появления всходов у большинства сортов составляет 6—7°C. При этом период от посева до всходов может растянуться до 20 дней. При температуре 12—14°C всходы появляются за 7—12 дней. На скорость появления всходов кроме температуры влияет и влажность почвы. Достаточное, но не чрезмерное увлажнение почвы позволяет получать дружные всходы, что обеспечивает оптимальный стеблестой. Наибольшее количество влаги требуется сое в период налива и созревания бобов. Пониженная влажность воздуха, особенно в период цветения, может приводить к абортации большей части цветков сои.

Хотя соя требует достаточно большого количества влаги, она довольно устойчива к дефициту воды в период от всходов до цветения. Более чувствительна к засухе эта культура в период завязывания и налива бобов. Соя плохо растет на

переувлажненных заболоченных почвах. В условиях достаточного почвенного увлажнения она хорошо переносит сухость атмосферного воздуха.

Соя не очень требовательна к почве и может расти даже на почвах с неглубоким пахотным слоем и песчаных. Однако наиболее высокие урожаи удается получить на почвах, богатых органическим веществом и хорошо обеспеченных кальцием. Для роста и развития сои может быть использован диапазон кислотности почвы рН от 5 до 8, а оптимальной является величина рН 6,5. Важное значение имеет степень аэрированности почвы. Чрезмерно уплотненная почва препятствует развитию и функционированию клубеньковых бактерий и оказывает механическое сопротивление росту корней.

Болезни сои

В регионах, где под сою заняты значительные площади и она имеет большой удельный вес в севооборотах, нельзя не считаться с заболеваниями этой культуры. Значительный экономический ущерб соеводству в Северной Америке причиняют фитофтора и фузариоз.

В Беларуси распространены следующие грибковые паразиты сои.

Wetzelinia (=Sclerotinia) sclerotiorum (фото 2) вызывает заболевание, именуемое белой гнилью. При этом наблюдается поражение нижней части стебля с образованием белых склеротий, выше расположенные органы теряют тургор и усыхают, бобы формируются пустыми, а изредка встречающиеся в них щуплые семена покрыты белым налетом. Обычно поражаются единичные растения или возникают небольшие очаги, однако болезнь может принимать и массовый характер, затрагивая до 30—50% растений. Последнее случается в годы с избыточным увлажнением, при размещении сои в севообороте после подсолнечника, который обычно массово подвержен склеротиниюзу, а также при сильном полегании, которое препятствует нормальному воздухообмену в агроценозе.

Пероноспороз (возбудитель — *Peronospora manshurica*,

фото 4) также распространяется преимущественно во влажные годы. Симптомами инфекции являются мелкие округлые хлоротические пятна диаметром до 3 мм на верхней стороне листовой пластинки, на обратной стороне которых образуются ватообразные беловатые подушечки из гифов гриба.

В последние годы отмечены случаи поражения посевов фузариозом (*Fusarium spp.*). Эта стеблевая гниль вызывает закупорку проводящих сосудов и гибель растения.

Симптомом церкоспороза, вызываемого *Cercospora kikuchii*, является наличие семян с пурпурной окраской. В условиях Беларуси поражаются единичные растения.

Бактериальный ожог, или угловатая пятнистость (фото 3), вызывается *Pseudomonas glycineae* (иногда упоминается как *Pseudomonas syringae* patovar. *glycineae*). Заболевание приобретает массовый характер во влажную погоду, обычно в фазах бутонизации и цветения (конец июня — начало июля). Вначале на листьях появляются светло-желтые пятна неправильной формы размером до нескольких миллиметров, позже в центре их образуются некротические зоны бурого цвета. Со временем отмершие части выкрашиваются и, увеличиваясь в размерах, сливаются; листовая пластинка становится как бы истрепанной. На семенах образуются маслянистые пятна со стороны, противоположной рубчику, всходы из больных семян часто загнивают или имеют поражение, называемое семядольным бактериозом.

Пустульный бактериоз (возбудитель — *Xanthomonas phaseoli*) имеет сходные симптомы. По данным, полученным в лаборатории коллекции микроорганизмов Института микробиологии Национальной академии наук Беларуси (Е.М. Булыгина, личное сообщение), он развивается в более прохладную погоду, ближе к концу вегетации.

Вредители сои в Беларуси практически отсутствуют. В жаркие сухие годы может отмечаться распространение на посевах паутинного клещика. Повреждения сои жуками-листоедами являются скорее случайными и спорадическими.

Агротехнические меры борьбы с перечисленными заболеваниями изложены в главе «Рекомендации по технологии возделывания сои в условиях Беларуси».

Глава 3

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ЗЕРНА СОИ

Основные компоненты соевого зерна и их примерное соотношение показаны на рис. 3.1.

Важнейшим компонентом сои, ради которого она преимущественно и возделывается, является белок, вторым по значимости — масло. Сопоставив содержание белка и масла у сои и других культур, можно отметить, что мало растений в мире могут сравниться с ней по этим показателям (табл. 3.1). При этом и в свежей зеленой массе сои содержится 4—6% белка; в пересчете на сухое вещество — до 22% (Боднар, Лавриненко, 1977).

Т а б л и ц а 3.1

Содержание белка и масла в зерне некоторых
важнейших сельскохозяйственных культур

Культура	Содержание, %	
	белка	масла
Пшеница	11—18	1—2
Кукуруза	8—14	2—6
Ячмень	8—14	2—6
Соя	35—48	17—25
Горох	21—37	1—2
Фасоль	21—39	1—4
Арахис	23—33	47—51
Люпин желтый	40—50	5—20
Чечевица	23—32	1—3
Нут	5—30	4—7
Подсолнечник	15—25	40—56
Рапс	22—25	37—48
Лен масличный	16—23	42—52

Белки сои

80—90% белков сои составляет водорастворимая, 2—5% — солерастворимая фракция. По этому показателю соя превосходит горох, люпин и чечевицу. Растворимые белки гораздо лучше усваиваются организмом животных и человека. Как известно, белки представляют собой природные полимеры, состоящие из 20 различных видов аминокислот. Соотношение аминокислот варьирует в различных белках. Восемь аминокислот организм животных и человека вырабатывать не способен и поэтому должен получать их из растительной или животной пищи. Такие аминокислоты называются незаменимыми. К их числу относятся лейцин, изолейцин, лизин,

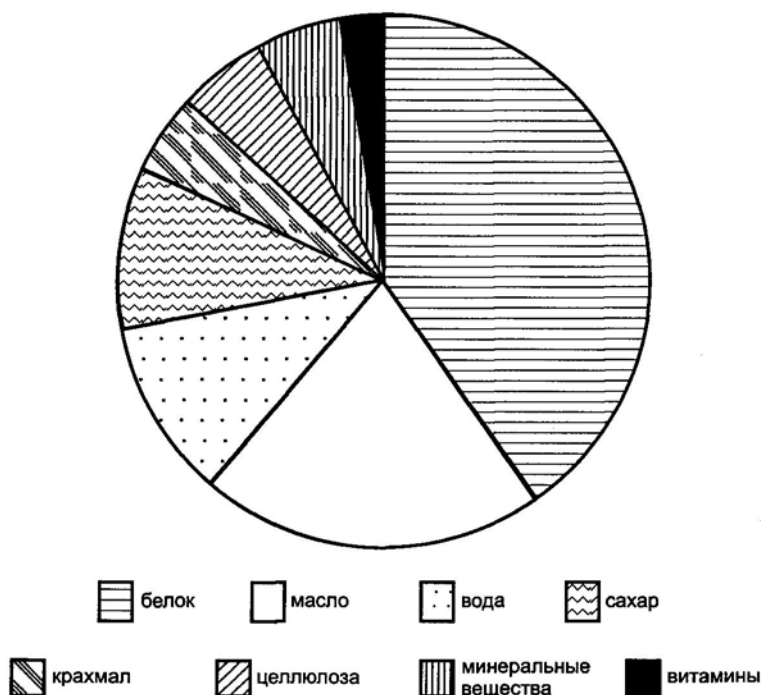


Рис. 3.1. Основные компоненты зерна сои

метионин, фенилаланин, триптофан, треонин и валин. Однако важно не только их общее количество в белке, но и оптимальное соотношение, так как даже при недостатке хотя бы одной аминокислоты организм вынужден будет перерабатывать большее количество пищи, чтобы добыть необходимую для синтеза собственных белков аминокислоту. Основным достоинством соевого белка признается оптимальное соотношение аминокислот, в первую очередь незаменимых, очень близкое к животному белку и, следовательно, наиболее полно соответствующее потребностям животного организма (табл. 3.2). Благодаря этому соевый белок нашел столь широкое применение в производстве кормов, а также полноценного и сравнительно дешевого питания. Сырые растительные белки усваиваются человеком хуже, нежели животные, вследствие того, что растительные клетки окружены целлюлозной стенкой, которую способны переваривать лишь жвачные млекопитающие. Однако при варке клеточные стенки частично разрушаются, облегчая доступ пищеварительных ферментов к их содержимому, а современные технологии переработки соевого зерна, такие как экструзия (см. следующую главу), обеспечивают глубокую деструкцию клеточных стенок, значительно облегчая усвояемость соевых продуктов.

В семенах сои имеются и некоторые антипитательные вещества, содержание которых достигает 6% от общей массы. Прежде всего это ингибиторы пищеварительного фермента

Т а б л и ц а 3.2

**Содержание (%) незаменимых аминокислот
в белках различного происхождения**

Аминокислота	Белок куриного яйца	Соя	Кукуруза	Овес
Лизин	7,2	6,4	2,5	3,3
Триптофан	1,5	1,3	0,6	1,3
Фенилаланин	6,3	5,1	4,5	6,9
Метионин	4,1	1,6	<1,0	2,3
Треонин	4,9	3,9	3,6	3,5
Лейцин	2,9	6,6	21,5	8,0
Изолейцин	8,0	5,0	3,6	5,3
Валин	7,3	5,2	4,6	6,5

трипсина (ингибитор Кунитца и др.). Эти вещества белковой природы препятствуют перевариванию белка желудком животных и человека. Кроме того, они вызывают гипертрофию поджелудочной железы, что приводит к избыточному расходу серосодержащих аминокислот, что в свою очередь также лимитирует рост организма (Арора, 1986).

Трипсинингибирующая активность (ТИА) обычных сортов сои составляет 22—26 мг/г, у сортов с повышенной белковостью зерна (Фора, Веста) ТИА колеблется в пределах 11—18 мг/г, у созданного в США сорта Kunitz — 6,9 мг/г (Петибская и др., 2001). Высказывалось мнение, что ингибиторы трипсина играют важную роль в жизни растения, защищая растения сои от бактериальных и грибковых инфекций, от поражения насекомыми-вредителями, участвуя в регулировании биохимических процессов при созревании и прорастании семян. Однако в опытах Петибской (2000) было показано отсутствие связи ТИА с устойчивостью к паутинному клещу, амбарным вредителям, ложной мучнистой росе, а также со скоростью прорастания и холодостойкостью. Дело в том, что ингибиторы трипсина содержатся лишь в зерне, а в зеленой массе отсутствуют, устойчивость же к вредителям запасов этот автор связывает с механическими параметрами семенной оболочки. Конечно, ингибиторы трипсина не являются чем-то особенным, присущим только сое, они содержатся и в других продуктах питания. Так, сырой картофель содержит вдвое большее их количество, а сырые куриные яйца — почти столько же.

При термической обработке содержание активных ингибиторов снижается вследствие разрушения структуры белков, но далеко не полностью, а жесткий температурный режим обработки сои приводит к разрушению не только антипитательных веществ, но и дефицитных аминокислот, так что соя теряет свои преимущества как высоколизиновая культура. К сходным последствиям ведет инактивация ингибиторов СВЧ-полями. Таким образом, представляются необходимыми дальнейшие работы как по совершенствованию технологии переработки сои, так и по селекционному улучшению биохимических параметров сортов.

Масло сои

Соевое масло представляет собой светло-желтую жидкость плотностью 0,91—0,93 кг/л. Оно состоит из насыщенных и ненасыщенных жирных кислот (табл. 3.3). Первые представляют большую ценность для промышленности. Из них в соевом масле содержатся пальмитиновая (7—10%), стеариновая (2—5%), бехеновая (1—3%), миристиновая (<0,3%), лигно-глицериновая (<0,1%) и ряд других в незначительных количествах. Из ненасыщенных жирных кислот в соевом масле представлены олеиновая (17—36%), линолевая (43—59%), линоленовая (5—8%). Две последние относятся к полиненасыщенным жирным кислотам. Благодаря их высокому содержанию соевое масло легко усваивается животными и человеком.

Жиры — жизненно важный источник энергии. Однако неиспользованные организмом жиры приводят к избыточному весу, а чрезмерное употребление животных и богатых насыщенными жирными кислотами растительных жиров, особенно при малоподвижном образе жизни, способствует накоплению в крови холестерина. Последний, откладываясь на стенках кровеносных сосудов, образует атеросклеротические бляшки, нарушает кровообращение, повышает риск возникновения инфаркта миокарда. Как известно, растительные масла не содержат холестерина, впрочем, следует отметить, что до него окисляется избыток жирных кислот даже растительного происхождения (Морозкина, Далидович, 1998). Свободны от холестерина и гидрогенизированные (восстановленные до насыщенных) растительные жиры, но при искусственном восстановлении образуются не существующие в природе транс-изомеры жирных кислот, которые отрицательно влияют на функционирование клеточных мембран. Растительные масла способствуют и выведению холестерина, обладая желчегонным действием. Однако чрезмерное желчеотделение связывают с увеличением заболеваемости раком толстой кишки. В то же время определенный уровень холестерина необходим организму: для синтеза витамина D, стероидных гормонов, желчных кислот. Избыток же непредельных жирных кислот при дисбалансе в сторону растительных масел также вреден:

будучи неустойчивыми к реакциям окисления, они образуют перекисные соединения, что приводит к дестабилизации клеточных мембран. Таким образом, с медицинской точки зрения оптимальным было бы употребление около 90 г жиров в сутки как растительного, так и животного происхождения с примерно равным количеством всех трех групп жирных кислот.

Линолевая и линоленовая кислоты, подобно аминокислотам, не синтезируются организмом человека и потому являются незаменимыми. Производными линолевой кислоты, высокая концентрация которой характерна для соевого масла (табл. 3.3), являются простагландины 2-й группы. Эти соединения носят сборное обозначение — витамин F. Их основные функции — участие в работе клеточных мембран, влияние на проводимость в нервной системе, профилактика атеросклероза. Простагландины 3-й группы, образующиеся из линоленовой кислоты, также имеют важное физиологическое значение, стимулируя деятельность иммунной системы, снижая артериальное давление.

Соевое масло богато витаминами, в первую очередь E. По содержанию этого витамина оно превосходит другие масла. Так, концентрация витамина E составляет в соевом масле 114 и более мг/100 г, в подсолнечном — 67, в маргарине — 20, в сливочном — 2,5 мг/100 г. Витамин E наряду с витамином A

Т а б л и ц а 3.3

**Жирнокислотный состав (%) растительных масел
некоторых масличных культур**

Масло	Жирные кислоты			
	Насыщенные (пальмитиновая, стеариновая)	Мононенасыщен- ные (олеиновая)	Полиненасыщенные	
			линолевая	линоленовая
Соевое	14—15	17—36*	43—59	5—10
Подсолнечное	4—12	14—43*	44—73	<1
Хлопковое	29	18	52	1
Рапсовое	3—7	58—62	18—22	9—11
Оливковое	14	75	10	1
Арахисовое	14	46	29	1
Льняное	5—12	15—30	10—30	40—68

* Существуют высокоолеиновые сорта подсолнечника и сои, содержащие соответственно до 90 и 80% олеиновой кислоты.

является антиоксидантом. Такие соединения гасят цепные реакции окисления, отдавая электрон образующемуся радикалу. При этом сами антиоксиданты окисляются до безвредных продуктов. Употребление в пищу продуктов с высоким содержанием витамина Е рекомендуется для повышения устойчивости к длительному действию малых доз радиации. Кроме того, витамин Е участвует в клеточном дыхании, обмене селена и серы, необходим для профилактики канцерогенеза. Отмечена отрицательная зависимость возникновения раковых опухолей от концентрации этого витамина. Высокое содержание витамина Е стабилизирует масло; в противном случае обилие легко окисляющихся полиненасыщенных жирных кислот, главным образом линоленовой, приводило бы к его прогорканию.

В соевом масле содержится от 1,8 до 2,5% фосфолипидов (лецитин, кефалин). Эти соединения важны для функционирования клеточных мембран, а также способствуют эвакуации холестерина путем участия в синтезе липополипептидов высокой плотности. Как эмульгатор, лецитин является ценным сырьем для пищевой, кормовой, фармацевтической и лакокрасочной промышленности.

Рафинированные масла обеднены антиоксидантами и фосфолипидами, поэтому желательно употребление в пищу некоторого количества нерафинированных растительных жиров.

Недостатком, снижающим пищевую ценность зерна и масла сои, а также изделий из них, является характерный «бобовый» привкус. По мнению ряда авторов, причиной его является фермент липооксигеназа, участвующий в окислении полиненасыщенных жирных кислот соевого масла (линолевой и линоленовой) с образованием спиртов: изобутанола, изопентанола, гексанола (Адамень и др., 2003), а также пероксидов, альдегидов и кетонов (Фадеева, Буренин, 1990). Другие авторы считают, что основная роль в образовании бобового привкуса принадлежит летучим жирным и фенолкарбоновым кислотам (Анора, 1986).

Известны три изофермента с липооксигеназной активностью. Наибольший вклад в образование бобового привкуса вносит локус *Lx2*. Сорта с отсутствующей или пониженной

активностью липооксигеназы (Enrei, Sapporo Midori, Early Nakusho и др.) были обнаружены в Японии, где население издавна употребляло в пищу эдамаме — незрелую сою, слегка отваренную в бобах. Сорт Yumeputaka имеет генотип $lx2lx3$, а Kyushu # 111 несет полный набор рецессивных аллелей $lx1lx2lx3$, что обеспечивает отсутствие нежелательного привкуса. Аллель $lx2$, значительно снижающий липооксигеназную активность, уже включен и в некоторые американские сортообразцы, например IA 1002 (University of Kentucky, 2002; Wilson, 1999).

Другие компоненты

Из углеводов в соевом зерне содержится 9—12% растворимых сахаров, 3—9% крахмала, 3—6% клетчатки. Повышенное содержание растворимых сахаров, которые представлены главным образом сахарозой (60%), предпочтительно для сортов, предназначенных для производства сбраживаемого продукта натто. Некоторые непереваривающиеся олигосахариды соевого зерна (раффиноза, стахиоза) вызывают метеоризм, сбраживаясь микроорганизмами толстого кишечника до углекислого газа и водорода. В то же время эти сахара считаются полезными компонентами: они способствуют приживаемости полезной микрофлоры (бифидобактерий).

Соя используется как промышленное сырье для получения витаминов. Ее семена содержат (мг/100 г): 0,07—0,12 витамина А, 0,94—1,28 витамина В₁, 0,21—0,23 — В₂, 1,30—1,60 — В₃, 0,39—0,91 — В₆, 8,50—9,70 — С, 1,79—2,70 — Е, 0,15—0,24 — К, 2,20—3,40 — РР, 95—160 — Р. Концентрация ряда жирорастворимых витаминов в соевом масле значительно выше, чем в зерне: так, количество витамина Е в масле 114—215 мг/100 г.

Важнейшие минеральные элементы в зерне сои распределены следующим образом (мг/100 г): калий — 1607, фосфор — 510, кальций — 348, магний — 191, натрий — 44, железо — 12. По содержанию железа соя в 7 раз превосходит пшеничный хлеб, причем по сравнению с другими продуктами железо сои лучше усваивается организмом.

Глава 4

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ СОИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Человек возделывает сою в основном ради белка. Тем не менее соя сегодня занимает первое место в качестве сырья для производства растительного масла на мировом рынке. Соевое масло составляет около 30% от всего производимого в мире, а в мировом производстве маслосемян на долю сои в 1980—2000 годах приходилось 50—52% (Щербаков, 1999). При этом доля подсолнечного и рапсового масел составляет примерно по 15% в мировом производстве, масло хлопчатника — около 10, арахиса — 8, маслины — 3%. Так случилось потому, что при интенсивном развитии зернового производства в мире все острее стал наблюдаться дефицит белка. Основные злаковые зерновые культуры содержат много углеводов, но относительно мало белков. Расширяя производство сои для восполнения недостатка белка в рационе, человек получает и большое количество масла, поскольку в этой культуре удачно сочетаются компоненты биохимического состава. Поэтому в XX веке соя стала белково-масличной культурой мирового значения (табл. 4.1).

Благодаря особенностям химического состава соя широко используется как продовольственная, кормовая и техническая культура. Основные направления использования сои отражены на рис. 4.1.

Пожалуй, в мире нет более технологичной культуры, чем соя. Она используется не только многосторонне, но и практически безотходно.

Т а б л и ц а 4.1

**Площади под соей и ее урожайность
в различных странах мира
(по: Адамень и др., 2003; Хрустич и др., 2001; Щербаков, 1999)**

Страна	Площадь, тыс. га	Урожайность, ц/га
США	28 300	26,3
Бразилия	10 950	21,6
Аргентина	6 951	26,9
Канада	>1 000	23,4
Китай	8 130	16,6
Индонезия	1 350	11,6
Италия	390	37,0
Франция	82	27,0
Сербия	83	21,7
Россия	490	8,1
Украина	273	13,0
Беларусь	0,5	11,0

Основная масса соевого белка применяется в виде шрота в качестве добавок в корма для сельскохозяйственных животных. В структуре эффективных кормов соевый шрот занимает 10—15%. Подсчитано, например, что добавка всего 724 г соевого шрота обеспечивает 1 кг прироста свиней, а 961 г — 1 кг прироста птицы. При регулярном скармливании животным соевого шрота и соевого молока расход кормов снижается на 30—35%, период откорма для получения 100 кг продукции уменьшается на 10—15 суток, повышается качество продукции и более полно утилизируется белок зерновых культур. Производство мяса, яиц, молока, пушное звероводство, разведение рыбы сегодня очень трудно представить без белковых добавок, значительную часть которых составляет соевый шрот. Так происходит по причине того, что производство соевого белка обходится наиболее дешево и он идеально балансирует питательные вещества кормов. По данным ФАО (Комитет по продовольствию и питанию при ООН), соевый белок в среднем дешевле пшеничного, кукурузного или ячменного в 3—4 раза, горохового — в 7, люцернового — в 8, белка кормовых дрожжей и рыбной муки — в 29 раз.

НЕОБЕЗЖИРЕННАЯ СОЯ

На корм скоту

На муку для бисквитов, хлеба, конфет, пирожков, блинчиков, молока и др.

Наполнитель и среда для изготовления витаминов, антибиотиков и других лекарств

Жареная соя: для бисквитов, конфет, кофе, диетических продуктов и др.

ОБЕЗЖИРЕННАЯ СОЯ**СОЕВАЯ МУКА**

В пищу: хлеб, бисквиты, лапша, колбаса, напитки, диетические продукты и др.

Для промышленных целей: фанера, плиты, картон, чернила, красители для тканей, инсектициды, дрожжи и др.

СОЕВЫЙ ШРОТ

На корм домашним животным, пушным зверям, рыбе

Для промышленных целей: удобрения, витамины, лекарства и др.

СОЕВЫЙ БЕЛОК

В пищу: заменитель мяса, напитки, соевое молоко, диетические и детские продукты питания

Для промышленных целей: бумага, красители, ткани, искусственная кожа, мех и др.

СОЕВОЕ МАСЛО**НЕРАФИНИРОВАННОЕ**

Производство стеролов, жирных кислот, глицерина, пластмасс, линолеума, красителей и др.

РАФИНИРОВАННОЕ

В пищу: хлебные и кондитерские изделия, напитки и др.

Для промышленных целей: литейное производство, электроизоляция, инсектициды, мастики, мыло, обои, автолаки, типографская краска, синтетический бензин, ткани и др.

СОЕВЫЙ ЛЕЦИТИН

В пищу: хлебные и кондитерские изделия, напитки и др.

Для промышленных целей: дрожжи, красители, спирты, чернила, каучук, инсектициды, текстиль, заменитель молока, косметика, парфюмерия и т.д.

Рис. 4.1. Направления использования сои

Соя балансирует корма не только по количеству белка, но и сам белок кормов по аминокислотному составу. Например, в зерне кукурузы, пшеницы, ячменя не хватает лизина, а в зерне сои этой незаменимой аминокислоты в 2,5—3 раза больше. Поэтому белком сои можно сбалансировать корма на основе этих зерновых. При использовании полножировой сои баланс кормов достигается еще и оптимальным соотношением белков, жиров и углеводов, поскольку в противоположность зерновым соя богата белком, маслом, физиологически активными веществами и легкоусвояемыми минеральными солями Са, К, Mg, Р и сравнительно бедна углеводами.

В XX столетии как никогда стремительно возросло потребление продукции растениеводства, в первую очередь риса, кукурузы, проса, пшеницы, сахарной свеклы, картофеля. Все эти культуры богаты углеводами и бедны белками. Дефицит белков все острее ощущается не только в кормопроизводстве, но и в производстве продуктов питания. Противостоять этому дефициту можно двумя путями: расширением и интенсификацией производства животноводческой продукции, с одной стороны, или поиском альтернативных источников белка, с другой. Для повышения эффективности животноводства необходимо увеличение доли белка в структуре кормов. Микробиологический синтез белка пока остается очень дорогим. Дешевый и высококачественный белок человечество сегодня получает из бобовых культур, и в первую очередь из сои. Основной объем зерна, производимого в мире, расходуется не на питание людей, а на животноводческую отрасль.

Применение соевого белка значительно сокращает расход зерна и увеличивает при этом производство животноводческой продукции. Так, сбалансированные соевым белком корма позволяют расходовать 1—1,5 кормовой единицы для производства одного килограмма мяса, в то время как использование несбалансированных кормов приводит к перерасходу корма до 8—10 кормовых единиц и ухудшению качества продукции.

Использование сои в растениеводстве сопровождается положительными экологическими и энергосберегающими эффек-

тами. Благодаря развитой корневой системе и способности к азотфиксации соя является хорошим предшественником для зерновых и ряда других культур. По данным Кишиневского НИИ сельского хозяйства, урожай пшеницы или ячменя, выращенных после сои, на 3—5 ц/га выше, чем после других культур, и такой же, как после чистого пара. Соя хорошо структурирует почву, способствует накоплению органического азота, который хорошо усваивается растениями, не вымывается в грунтовые воды и не занитрачивает источники воды. Имея корневую систему с высокой всасывающей способностью, соя может использовать малорастворимые и труднодоступные для злаков минеральные соединения не только из пахотного горизонта, но и из более глубоких слоев.

Для производства 1 тонны азотных удобрений расходуется 2—3 тонны нефти или 10 тыс. кубических метров природного газа. Таким образом, только 1 гектар сои за счет азотфиксации сберегает 0,3—0,4 тонны нефти или 1300 кубических метров природного газа.

Возьмем для сравнения другую масличную культуру, рапс. Как и все крестоцветные, он требователен к азоту, так что для формирования урожая в 20—25 ц/га необходимо внести 80—120 кг/га азота по действующему веществу под яровой рапс и несколько больше — под озимый. После рапса опять нужно вносить повышенные дозы азота. Отметим, во-первых, что азотные удобрения дороги и дефицитны, а во-вторых, внесение больших доз их сопровождается накоплением нитратов в грунтовых водах, водоемах, колодцах, продуктах питания. Соя большую часть азота берет из атмосферы и оставляет в почве органический азот, иногда в большем количестве, чем было внесено минерального. Стартовая доза азота для сои составляет 30—40 кг/га, а на плодородных пойменных почвах не рекомендуется внесение более 20 кг/га, так как избыток азота подавляет активность клубеньковых бактерий.

Благодаря способности накапливать большое количество органических и минеральных веществ в зеленой массе сою используют и как сидерат (зеленое удобрение), запахивая несозревшие растения. В этом случае пахотный слой обога-

щается не только азотом, накопленным клубеньковыми бактериями, но и минералами, поднятыми соей из глубоких горизонтов почвы.

Сою можно возделывать не только на зерно, но и на зеленую массу. Ее применяют как для непосредственного скормливания животным, так и для заготовок силоса, сена, сенажа, травяной муки и гранул. Зеленая масса сои грубеет медленнее, чем другие зернобобовые культуры, и богаче не только белком, но и марганцем, кобальтом, кальцием, фосфором, а также каротиноидами и витаминами. Использование зеленой массы сои на корм скоту может оказаться даже более эффективным, чем зерна. Растения сои в фазе налива бобов в пересчете на сухое вещество содержат 14—17% белка, 3—5% масла, 27—31% целлюлозы, 8—11% минеральных веществ, 38—42% безазотистых экстрактивных веществ. В соевом семяне белка даже больше, чем в люцерновом или клеверном. При скашивании сои на зеленую массу удастся получить кормовых единиц и белка с гектара в 1,4—1,8 раза больше, чем при выращивании на зерно.

Однако выращивание сои на зерно имеет свои преимущества, поскольку в этом случае производится более концентрированный корм и долго хранящийся продукт. Распространенными схемами переработки соевого зерна являются: отжим масла с применением шрота в качестве кормовых добавок; использование соевого молока для выпойки телят и поросят; экономически оправдано и использование на корм полножировой сои. Кроме того, на корм скоту используют и соевую солому. Она содержит в каждом центнере около 30 кормовых единиц и в три раза больше белка (3%), чем солома злаков. Из соломы, как и из зеленой массы, можно приготовить кормовую муку, гранулы или смешанный с зеленой массой кукурузы или ботвой сахарной свеклы силос.

Возможно и выращивание сои в смешанных посевах с кукурузой. Эти две культуры обладают хорошей биологической совместимостью. Такие посевы используются как на зерно, так и на силос. В первом случае культуры высевают подосами, что позволяет провести их раздельную уборку. За счет «стен» высокорослых растений кукурузы в полосах

сои создается более теплый и влажный микроклимат, а растения кукурузы выигрывают за счет краевого эффекта — лучшего освещения растений, расположенных ближе к полюсе сои. При выращивании на силос эти культуры хорошо дополняют друг друга: кукуруза обеспечивает высокий вал зеленой массы, а соя — питательность и сбалансированность кормов.

В последние годы с появлением раннеспелых сортов 00 и 000 групп спелости во многих странах, в том числе России и Украине, сою начали использовать как пожнивную и поукосную культуру для получения второго урожая. В этом случае после уборки зерновых или других культур на этой же площади высевает скороспелые сорта сои. Поскольку при летнем посеве вегетация сои начинается в условиях сокращения длины светового дня, растения быстрее переходят к цветению, формируют относительно низкорослый куст и соответственно менее продуктивны (см. главу «Соя в северных странах»). Обычно урожайность поживной сои составляет 60—80% урожая, получаемого при весеннем посеве.

Вторым по важности после производства кормов направлением использования сои является питание человека. Если в древности соей питалось только население Азиатско-Тихоокеанского региона, то в настоящее время спрос на пищевой соевый белок в мире возрастает ежегодно на 8—10%. Традиционными пищевыми продуктами из сои являются, например, соевый творог тофу, отварная соя эдамаме, сброживаемые продукты: соевый соус, натто и др.

Современные технологии переработки зерна, такие как экструзия, позволили получить принципиально новые продукты — соевые текстураты. Экструдирование представляет собой процесс размягчения и пластификации продуктов путем продавливания через профилирующее отверстие. При пропускании измельченной сои через экструдер подающим шнеком создается высокое давление, в результате чего биополимеры (молекулы белков и углеводов) переходят в высокоэластичное состояние, а клеточные стенки разрушаются. Когда же на выходе давление резко падает, накопленная продуктом при сжатии энергия высвобождается «со взрывом».

При этом белки денатурируются, приобретая специфическую структуру, происходит деструкция клеточной структуры продукта, инаktivация антипитательных веществ, образование микропористой структуры, характерной для текстуратов. Кроме того, глобулярные запасные белки соевого зерна, которые в природном состоянии относительно устойчивы к действию протеолитических ферментов пищеварительного тракта, в процессе экструзии приобретают фибриллярную структуру и становятся более доступными для связывания с ферментами (Адамень и др., 2003). Все эти процессы способствуют повышению усвояемости питательных веществ экстрадированной пищи.

Текстурированные соевые белки быстро приобрели популярность в качестве аналогов мяса, будучи здоровой и сравнительно дешевой пищей. Сегодня около 20% мясной продукции в США производится из сои, а технология настолько эффективна, что отличить котлеты или колбасные изделия на основе сои практически невозможно. В странах Западной Европы потребление заменителей мяса достигло 3,8 млн тонн, а заменителей молочной продукции — 3,5 млн тонн. Видимо, в будущем соя займет еще большее место в рационе человека, поскольку проблему белкового голодания можно успешнее решать не через животный, а через растительный белок, а более богатого и сбалансированного источника белка и масла, чем соя, просто нет.

Еще в древности соя применялась не только как пища, но и как лекарственное растение. В странах Азии витаминный салат из проростков сои используется как эффективное средство против авитаминозов. В Китае и Вьетнаме из нее изготавливают препараты, стимулирующие функции центральной нервной системы. Соевые бобы обладают противовоспалительным и жаропонижающим действием, их применяют при простудных заболеваниях, для снятия головной боли, профилактики атеросклероза и ожирения. Соевое молоко и продукты на его основе рекомендуются при язвенной болезни, заболеваниях печени, почек, желчевыводящих путей, брюшном тифе, хронических инфекционных заболеваниях желудочно-кишечного тракта. Его включают в рацион детей,

страдающих диатезами и аллергией к животным белкам. Фосфатиды, содержащиеся в соевом масле, находят широкое применение в качестве эмульгаторов в кондитерской, фармацевтической, лакокрасочной промышленности.

В XX столетии соя нашла новое применение как средство повышения устойчивости организма к радиационным воздействиям (радиопротектор). Впервые на это обратили внимание после ядерной бомбардировки Хиросимы. Персонал клиники св. Франциска, находившейся недалеко от эпицентра взрыва, не пострадал от радиационного воздействия, более того, удалось спасти и многих пациентов. Сотрудник клиники д-р Азикаузи объяснял это тем, что врачи и пациенты ежедневно употребляли в пищу соевую пасту мисо вместе с овощами и рисом. В дальнейшем путем многочисленных наблюдений и опытов с животными была показана эффективность сои для повышения устойчивости организма к радиации. В 1981 году в Японии был подготовлен специальный отчет Национального центра по борьбе с раком, в котором на основе тридцатилетних наблюдений за людьми, ежедневно употреблявшими в пищу мисо, был сделан вывод, что уровень онкологических заболеваний у них на 33% ниже, чем у контрольной группы, не употреблявшей этого продукта.

Глава 5

СОЯ В СЕВЕРНЫХ СТРАНАХ

Вся многовековая история выращивания сои человеком — это история продвижения этой культуры в прохладные регионы с длинным летним днем и в южные с коротким днем, история приобретения этим видом устойчивости к изменениям длины светового дня, температуры и других климатических параметров, таких как влажность, сезонное распределение осадков, ход температур, особенности почв и т.д.

В древности продвижение сои на север происходило благодаря неосознанной народной селекции. Человек высевал семена форм, завезенные из более южных районов. Для большинства из них природные факторы в новом месте возделывания часто оказывались неподходящими, но благодаря естественной генетической изменчивости в популяциях живых организмов находились отдельные растения, способные выживать в новых условиях.

Поэтому уходили столетия и даже тысячелетия, чтобы ареал сои расширился, скажем, на сотню километров севернее. Так постепенно две — три тысячи лет назад соя начала продвигаться на теперешний российский Дальний Восток, на север Японии, острова Охотского моря, где жили племена, научившиеся выращивать сою от китайцев. В этих же районах происходило проникновение культурных форм в дикую флору. Благодаря товарообмену семена распространялись человеком на большие пространства, а одичавшие растения подвергались действию факторов естественного отбора. Поначалу преимущество имели растения не столько продуктивные, сколько приспособленные к более прохладному и короткому северному лету, а затем уже потомки этих растений отбирались человеком на продуктивность.

В XX веке процесс селекции, акклиматизации растений значительно ускорился благодаря достижениям науки. После успешной акклиматизации сои в центральных и южных штатах США ее начали выращивать и в северных штатах, и в Канаде. Юго-восточную часть провинции Онтарио, где первоначально были сосредоточены основные посевы сои в Канаде, еще нельзя назвать северной территорией. Климат там сходен с климатом южной Украины или Кубани, а граница с США проходит по 45-й параллели. Тем не менее в начале XX века мало кто полагал, что возделывание сои там будет возможным. До середины столетия все мировое разнообразие сортов сои разделялось на десять групп спелости (рис. 5.1), причем на севере США период вегетации наиболее ранней I группы составлял около 100 дней, а в Онтарио удлинялся до 115—120 дней. Создание новых селекционных сортов, вызревающих за 100 суток и в этой зоне, потребовало введения в классификацию 0 группы, а впоследствии появились сорта с периодом вегетации около 90 дней на юге Кана-

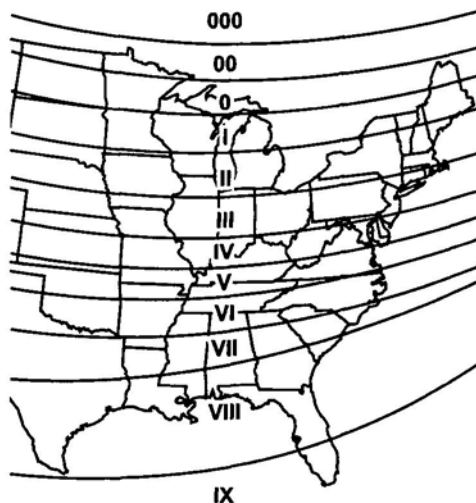


Рис. 5.1. Географическое распространение сои различных групп спелости в США (по Scott, Aldrich, 1983)

ды и 80—85 дней на севере США, отнесенные к 00 группе спелости.

Поскольку один и тот же сорт при выращивании в различных климатических зонах имеет различную продолжительность вегетации, то более удобным оказалось классифицировать группы спелости не по количеству дней, в течение которых происходит созревание, а по необходимой для этого сумме активных температур. В отношении сои обычно критической для роста и развития (т.е. минимально активной) температурой считают $+10^{\circ}\text{C}$. Приблизительные суммы активных температур для ранних групп спелости сои приводятся в таблице 5.1, однако следует помнить, что этот показатель может модифицироваться реакцией на продолжительность светового дня, типом почвы и увлажнением (на более плодородных или влагообеспеченных почвах вегетация затягивается и наоборот) и другими факторами.

Продвижение сои в Канаду потребовало привлечения в селекцию исходного материала из северных районов Китая (Маньчжурии) и Амурской области России как доноров холодоустойчивости и нечувствительности к длинному летнему дню (Voldeng et al., 1997). В настоящее время в этой стране накоплен огромный опыт селекции и возделывания ранне-спелых сортов сои, а госреестр включает более сотни сортов различных направлений использования. Канадские сорта обычно сочетают высокую урожайность с технологичностью, будучи проработаны на устойчивость к полеганию, осыпа-

Т а б л и ц а 5.1

**Суммы активных температур (посев—созревание)
и периоды вегетации сортов сои различных групп спелости**

Группа спелости	Сумма активных температур ($>10^{\circ}\text{C}$)	Период вегетации на Кубани, сут	Период вегетации в южной Беларуси, сут
000	< 2200	< 80	95—101
00	2200—2600	80—99	102—131
0	2600—2800	100—109	132—150
I	2800—3000	110—119	> 150 , в отдельные годы
II	3000—3200	120—139	Не вызревает

нию зерна. Обращает на себя внимание то, что более 70% канадских родословных включают по крайней мере одного позднеспелого родителя, не вызревающего в той зоне, для которой предназначен новый сорт. В последние годы появились сорта, в зерне которых содержится 47—49% белка при приемлемой урожайности. Создание таких сортов потребовало использования дикой сои в качестве источника высокой белковости, планирования сложных ступенчатых родословных. В некоторых гибридных комбинациях удалось разорвать отрицательную связь между урожайностью и содержанием белка (Cober, Voldeng, 2000). К началу XXI века площади под соей в Канаде превышали 1 млн гектаров, из них около 300 тыс. гектаров приходилось на ранние сорта. Хотя Канада еще закупает соевые продукты в США, площади, занятые соей, продолжают возрастать, и предполагается, что в ближайшие годы эта страна достигнет самообеспечения.

Еще более северная соя была создана в Швеции на опытной станции Фискеби замечательным ученым Свеном Холмбергом. Он начал эту работу в 1940 году. Без преувеличения можно сказать, что она явилась научным подвигом, уникальным примером того, как за сравнительно короткий срок удалось адаптировать сою к условиям короткого и холодного лета. В книгах по этой культуре и сегодня можно прочесть, что выращивание сои выше 52°с.ш. невозможно. Между прочим, 52-я параллель — это южная граница Беларуси, а июльская изотерма, проходящая по югу нашей страны, 18,5°С. Невзирая на прописные истины, Свен Холмберг создал сорта, способные давать урожай на широте 58° со средней температурой в наиболее теплом месяце +17,1 °С.

В качестве исходного селекционного материала Холмберг использовал формы сои с островов Хоккайдо, Сахалин и Курильских. Хотя эти территории нельзя назвать крайне северными (северная оконечность Хоккайдо лежит только на 43-й параллели), холодные течения Тихого океана создают здесь своеобразный климат, противоположный тому, который формирует Гольфстрим в Атлантике. Так, в Копенгагене (55°с.ш.) средняя многолетняя сумма активных температур составляет 2366 °С, а на северо-востоке Хоккайдо, расположенного на

12 градусов южнее, — от 2043 до 2237 °С. В Фискеби же она равнялась 2120 °С.

В условиях Швеции интродуценты с берегов Охотского и Берингова морей созревали к концу сентября, при этом они выглядели как карлики с длиной стебля 39—43 см. Даже в необычно холодные для Швеции годы со средней температурой июля всего +15,2 °С они формировали урожай 7—8 ц/га, а в наиболее теплые годы удавалось получить 9—11 ц/га. Таким образом, эти сорта проявили необыкновенную для сои устойчивость к холоду. Тем не менее в общем их продуктивность была невысокой. Возможно, это объяснялось их происхождением из южных широт и, как следствие, неприспособленностью к северному длинному летнему дню.

Именно поэтому второй группой сортов для изучения в условиях Швеции Холмберг избрал сорта из России, Польши, Германии и Канады, где более теплое лето сочетается с длинным фотопериодом. Эти сорта, несмотря на способность вызревать в новых условиях, давали очень низкие урожаи — 3—5 ц/га, и лишь в наиболее теплый год с июльской температурой +18,8 °С урожай был высоким — 15—20 ц/га. Следовательно, основным лимитирующим фактором для сортов «континентальной» группы была недостаточная сумма температур.

Впрочем, в опытах с проращиванием семян при пониженных температурах (6—9 °С) сорта «континентальной» группы, особенно из Амурской области, всходили значительно лучше, чем сорта «островной» группы. Поэтому можно предположить, что нестабильность урожайности первых объясняется их неспособностью переносить холод во время формирования генеративных органов, а способность давать большие урожаи в теплые годы — их нечувствительностью к длинному дню северных широт. Напротив, сорта «островной» группы, обладая холодоустойчивостью в фазах цветения и налива бобов, дают стабильные, но низкие урожаи вследствие отрицательной реакции на длинный световой день.

Трудно сказать, сознательно ли решил Холмберг объединить разные типы устойчивости или действовал интуитивно, случайно скрещивая сорта из своей коллекции и отбирая в

потомстве наиболее продуктивные растения, но так или иначе его работа привела к созданию совершенно нового типа растений сои, совмещающих устойчивость к фотопериоду и низкой сумме активных температур.

Гибридизация сои была начата Холмбергом в 1941 году. Уже к 1950 году появился первый коричневосемянный сорт Ugra. Он был получен путем скрещивания американского сорта Wisconsin black и польского Wilenska brunatna (судя по названию, происходящего из Виленского края — на стыке Беларуси и Литвы). Однако первые формы были еще малопродуктивны и обладали рядом недостатков.

Наиболее удачными гибридными комбинациями оказались Линия 7/35 (Германия) х Aojiro Gokuwase (Хоккайдо) и Тур XX (Германия) х Namikama (Сахалин). К 1946—1949 годам из них было выделено достаточно много линий, которые по своим параметрам уже превосходили родителей. Дальнейшие скрещивания лучших из этих линий между собой и с другими сортами, а также индивидуальный отбор в потомстве гибридов привели к созданию шведских сортов сои. В 1949 году была выделена линия, позже получившая название Fiskeby III. Путем скрещивания Fiskeby III с канадским сортом Pagoda и повторной гибридизации с лучшими линиями из других комбинаций к 1958 году был создан сорт Fiskeby V (Holmberg, 1956; 1973; Elovson, 1984).

В отличие от своих прародителей эти сорта обладали более высокой и стабильной урожайностью. Например, урожай сорта Fiskeby V за 12 лет испытаний колебался от 12 до 23 ц/га. В международной классификации для шведских сортов пришлось установить новую, самую раннюю группу спелости 000. С 50-х годов началось коммерческое производство этих сортов в южной части страны, правда, в небольших масштабах. Тем не менее соя, выращенная в Швеции, использовалась для школьных завтраков и в питании солдат.

Сорта Холмберга, хотя и стали огромным шагом в создании раннеспелых сортов сои, все же обладали рядом существенных недостатков. К их числу можно отнести небольшую длину стебля (30—50 см) и низкое прикрепление бобов, что приводит к значительным потерям урожая при

механизированной уборке, поскольку большая часть нижних бобов остается на стерне. Реальные потери при уборке сортов этого типа составляли 18–50%, поэтому данные сорта можно скорее назвать огородными, нежели полевыми.

Хотя шведские сорта и не получили большого промышленного значения по причине непригодности к механизированной уборке, они нашли применение в селекции в других регионах. Их использовали в селекционных программах Канады, Польши, Нечерноземной зоны России, севера Украины, Беларуси. При возвращении с севера в широты своего происхождения соя значительно сократила свой вегетационный период. Сорта 00 группы позволили возделывать сою как вторую, пожнивную или поукосную культуру и получать второй урожай за одно лето.

Конечно, над созданием северной сои работали не только в Швеции, однако именно С. Холмбергу с сотрудниками удалось добиться принципиальных успехов в сжатые сроки. Это явилось результатом тщательного анализа лимитирующих факторов среды, изучения и правильного подбора родительского материала.

В Голландии еще в довоенное время успешно работал с соей частный селекционер Льюис Кох. Хотя его сорта и не нашли широкого применения, ему также удалось получить адаптированные формы. Интересно отметить, что за основу он тоже взял образцы с островов Охотского моря.

В Литве с 1925 по 1941 год научно-исследовательскую работу с соей проводил селекционер З. Мицкявичус, который создал четыре сорта этой культуры; по крайней мере некоторые из них представляли собой отборы из китайских интродукций.

В 70-е годы селекционная программа по сое была развернута в Польше. Эти исследования возглавил профессор Ежи Ширмер в Институте селекции и акклиматизации растений в Радзихове близ Варшавы. Первые сорта, полученные в рамках этого проекта (Nordic 357, Progres, Polan), можно еще отнести к «шведскому» типу; в дальнейшем были выпущены более технологичные и высокорослые (70–80 см) Aldana, Utro. Потенциал урожайности этих сортов был уже на 15–

20% выше и практически достиг уровня канадской и украинской селекции.

В России посевы сои занимают около 500 тыс. гектаров, причем основная их часть размещается на Дальнем Востоке. Первые скороспелые сорта, пригодные для короткого лета Амурской области, были созданы еще в 1940-х годах путем отбора из местных популяций. За более чем полвека селекционной работы сотрудниками Всероссийского НИИ сои в Благовещенске создан большой набор раннеспелых сортов (ВНИИС-2, Октябрь 70, Рассвет, Соната и др.). Селекция во ВНИИ масличных культур (г. Краснодар) ориентирована в основном на создание более позднеспелых сортов, однако ранние сорта (Лада, Лира) используются на Кубани для пожнивных посевов. Развернута селекция сои в Белгородской СХА, ВНИИ зернобобовых культур (г. Орел). В Нечерноземной зоне селекцией сои занимаются в Ульяновском сельскохозяйственном институте, НПО «Приокский» Рязанской области и других научно-исследовательских учреждениях. Раннеспелые сорта с повышенной засухоустойчивостью выведены на Ершовской ОС Саратовской области, во ВНИИ орошаемого земледелия (г. Волгоград).

Созданием раннеспелых сортов сои на Украине занимаются несколько селекционных центров. Одним из ведущих можно, пожалуй, назвать Институт земледелия в Киеве, где этой работой уже не одно десятилетие руководит В.Г. Михайлов. Сортами этого института засевают около трети всех посевных площадей под соей в Украине; устойчивой популярностью пользуются такие сорта, как Киевская 27, Устя и другие. Среди них можно найти как пластичные сорта с высоким потенциалом продуктивности, так и обладающие средним потенциалом, но высокой стабильностью урожая в неблагоприятных условиях среды. Ряд интересных сортов создан в последнее время в Институте растениеводства имени В.Я. Юрьева (г. Харьков), Буковинском институте агропромышленного производства (г. Черновцы), Кировоградской опытной станции. В настоящее время под соей в этой стране занято около 270 тыс. гектаров, причем имеется устойчивая тенденция к росту посевных площадей.

Глава 6

ИСТОРИЯ СОИ В БЕЛАРУСИ

Хотя для большинства жителей Беларуси соя — растение малознакомое, тем не менее и в нашей стране она имеет более чем столетнюю историю.

В конце XIX века агроном И.Е. Осинский пропагандировал возделывание сои в Могилевской, Минской, Гродненской и Виленской губерниях. Однако тогда широкого распространения она не получила. Некоторые крестьяне выращивали сою на огородах, использовали ее в пищу. В 1880-х годах соя попала в Беларусь и Польшу, входившие в состав Российской империи, с Украины и Кавказа. После русско-японской войны 1904 — 1905 годов солдаты, возвращавшиеся с Дальнего Востока, вновь завезли семена этого растения. Возможно, потомками этих первых интродуцентов являются донныне существующие местные культурные популяции. В начале XX века, когда в России стали создаваться первые селекционные станции и ученые пришли к пониманию важности систематизированного сбора сортов сельскохозяйственных культур и их диких сородичей, в коллекциях появились формы сои не только из Дальневосточного региона, но и из северо-западных территорий и Польши (например, Wilenska brunatna). Так, в коллекции Всероссийского института растениеводства (ВИР), созданного Н.И. Вавиловым, еще с довоенных времен числятся сорта сои из Литвы и Латвии, а в польских коллекциях — формы, найденные на территории Беларуси.

На исходе 1920-х годов в Беларуси, как и в других союзных республиках, началась активная пропаганда сои как ценной кормовой и пищевой белково-масличной культуры. Необходимо отметить, что основные посевы сои находились

не на Дальнем Востоке, как сейчас, а в европейской части Союза. Из 500 тыс. гектаров, занятых под сою, 212 тыс. приходилось на Украину, 175 тыс. — на Кавказский регион, 106 тыс. гектаров — на Дальний Восток. В эти годы площади под соей в СССР стремительно возросли: с 30 тыс. гектаров в 1927 году до 500 тыс. гектаров в 1931 году.

В Беларуси также начались агрономические исследования и производственные испытания различных сортов сои. Первые масштабные опыты провели Р.Г. Страж и Т.Т. Метельский в Горецкой сельскохозяйственной академии (Страж, 1932). За два года они изучили коллекцию из 672 сортов, из которых около 60 вызрели в местных условиях. Были сделаны попытки внедрения их в колхозах республики и выпущено несколько видов консервированных соевых бобов — в томатном соусе и соевом растворе. В дальнейшем основная работа сосредоточилась в Биологическом институте Академии наук БССР в Минске под руководством М.М. Гончарика.

В те годы урожай зерна сои в Беларуси составлял в испытаниях 2,5—10,5, чаще 4—5 ц/га. Тогдашние сорта не могли обеспечить большей урожайности в наших условиях. К использованию были рекомендованы дальневосточные Амурская желтая, Амурская черная, Крушуля 9/3. Эти когда-то лучшие сорта в нашей коллекции сегодня среди сотен более новых собратьев выглядят очень архаичными и наименее продуктивными.

С другой стороны, по тем временам урожай пшеницы в 100 пудов (16 ц/га) тоже казался необыкновенным. Но по сбору белка с гектара урожай сои даже в 5 ц/га выглядел предпочтительнее, чем прославленный в песнях стопудовый пшеницы. Однако в те годы сою пытались внедрить в сельское хозяйство Беларуси как сенокосную, силосную или пастбищную, а не как зерновую культуру. Используемые сорта обеспечивали вполне сносный урожай зеленой массы в 360—440 ц/га. Тем не менее уже тогда М.М. Гончарик писал, что даже при выращивании на зеленую массу нужны сорта, которые давали бы и зрелые семена, чтобы не завозить их из далеких районов Кавказа или Приамурья (Ганчарык, 1932). К сожалению, в те годы в отличие от зарубежных исследова-

телей никто из белорусских ученых не занялся селекционной работой — направленным созданием сортов, пригодных для местных почвенно-климатических условий. Казалось, что в мировом разнообразии сортов обязательно отыщется что-нибудь подходящее для белорусских условий. Возможно, сказала и развивавшаяся лысенковская теория наследования приобретенных признаков и «перевоспитания» сортов вместо научно обоснованной генетической концепции искусственного отбора. Публикации тех лет заполнены призывами к передовым колхозникам смелее экспериментировать с соей на полях. Хотя и тогда Р.Г. Страж считал, что проблема сои — это проблема сорта, но, вероятно, подразумевал под этим не столько создание новых сортов, сколько подбор среди имеющихся.

Прошли десятилетия. Не перевоспитались амурские сорта при простом пересеве — остались на том же уровне продуктивности. Слишком долгим является процесс естественного отбора. Научно обоснованная селекция идет намного быстрее: это доказали ученые из разных стран, работая с разнообразными сельскохозяйственными культурами, в том числе и с соей.

После вспышки интереса к сое в Беларуси в начале 1930-х годов наступило затишье. И только в конце 1950-х вновь появились энтузиасты, занявшиеся ее адаптацией к условиям Беларуси. Видимо, сказались сельскохозяйственные инициативы Хрущева, навеянные успехами США в этой области. К тому времени сельскохозяйственная мощь США прочно стояла на двух «китах» — кукурузе, обеспечивающей вал и энергетику кормов, и сое, дополняющей их качественным белком, жирами, витаминами.

Шумная кукурузная кампания, как и соевая, провалилась полностью. Основная причина опять же заключалась в том, что телегу в очередной раз поставили впереди лошади. Не создав селекционной базы, принялись внедрять южные сорта и дошли в своем усердии даже до Полярного круга. Сегодня урожаем кукурузы на зерно в Беларуси или Тюмени никого не удивишь — созданы скороспелые гибриды, требующие для созревания минимальной суммы активных температур, а в то время это была просто авантюра.

В 60-е годы сортоиспытание сои проводилось на Гомельской областной опытной станции (г.п. Довск Рогачевского района) и в Брестском пединституте. Изучался не только сортимент, но и отрабатывалась агротехника сои применительно к условиям Беларуси. Несмотря на то что эта работа и не привела к широкому внедрению сои в указанных областях, был накоплен положительный опыт ее возделывания. На довольно больших площадях урожаи составили уже 20 и более ц/га. Сказались не только произошедшее за 30 лет повышение общей культуры земледелия, отработка агротехники, но и успехи селекции, хотя пока не белорусской.

На смену сортам 30-х годов пришли более продуктивные новые сорта: Смена, Северная 2 из Амурской области, появились сорта из Канады, Швеции, северной Украины. Правда, как и в опытах Холмберга в Швеции, в опытах в Довске наблюдалась высокая нестабильность: в отдельные годы приамурские сорта формировали высокий урожай, в другие трудно было собрать семена для пересева. Достаточно раннеспелые и стабильные сорта из Швеции оказались непригодными к механизированной уборке из-за низкорослости и низкого прикрепления бобов, большая часть которых оставалась ниже среза жатки на стерне. И снова ключевое звено в программе внедрения сои — создание местных адаптированных сортов — было упущено.

С середины 1990-х годов в нашем сельском хозяйстве вновь намечается интерес к сое. После падения объемов животноводческой продукции в начале десятилетия наступил период стабилизации поголовья, а в отраслях свино- и птицеводства наметился рост (Шаколо, 1997). Очевидно, недостатки кормовой базы приводят к неэффективности животноводства. В частности, использование несбалансированных кормов, в которых не хватает хотя бы одного из необходимых компонентов, например белка, приводит к увеличению непродуктивного потребления корма, перерасходу зерна, снижению привесов и нарушениям обмена веществ. В советские времена Беларусь славилась как животноводческая республика и успехами на этом поприще во многом была обязана сое. При переработке соевого зерна с помощью прес-

сования или химической экстракции из него извлекают масло, а остающийся белковый продукт, который называется со-ответственно жмых или шрот, используют в качестве кормовых добавок.

По биологической ценности соевый шрот превосходит другие. Содержание хорошо сбалансированного по аминокислотному составу и легко усвояемого белка в нем достигает 56%. По этим причинам закупки соевого зерна за границей в тот период достигали 300 тыс. тонн, а в настоящее время они составляют 70—80 тыс. Соответственно и цены на соевое зерно на рынке США, которые являются основным поставщиком этого сырья, за период с 1976 по 1996 год росли в среднем на 4,2% в год (Околелова и др., 1999). При ограниченных финансовых средствах большинства субъектов нашего сельского хозяйства не будет преувеличением сказать, что проблема сои — это проблема продовольственной безопасности.

Практическая работа по созданию сортов сои для Беларуси началась в Институте генетики и цитологии АН БССР в 1980 году спонтанно, без всякого финансирования. Группа энтузиастов, разных по возрасту и образованию, — от школьников и студентов до кандидатов биологических наук — в свободное от основной работы время начали экспериментировать с соей. Позже было организовано научное общество учащихся (НОУ) «Исследователь», функционировавшее сначала на базе Республиканской станции юных натуралистов, а с 1984 года — на базе Биологической опытной станции Института генетики и цитологии. В первые годы эта работа носила скорее дилетантский, познавательный характер и была чем-то вроде игры в науку с подростками. Однако с первых же дней все делалось по правилам научных исследований: осуществлялся статистический анализ полученных данных, широкая проработка литературы по генетике, селекции, физиологии, агротехнике, экономике сои, климатологии, завязывались серьезные контакты с селекционерами в других республиках, велась научная переписка, подготовка докладов и публикаций. Очень быстро эта игра переросла в серьезное дело, ставшее для некоторых из бывших школьников делом их жизни.

Первые три года были посвящены изучению исходного материала. Если в 1980 году в коллекции насчитывалось лишь несколько ультрараннеспелых сортов из Швеции, созревших, к нашему удивлению, в первых числах сентября, то уже в следующем году коллекция насчитывала около 150, а в 1984 — более 800 образцов, способных вызревать на широте Минска. Информация по коллекции накапливалась в единой базе данных. В формировании коллекции большое содействие оказала наша землячка из Пинска старший научный сотрудник ВИР в Санкт-Петербурге, куратор коллекции сои Людмила Георгиевна Щелко, а впоследствии ее преемница Маргарита Афанасьевна Вишнякова. Одобрение и поддержка Л.Г. Щелко сыграли важную роль на первоначальных этапах нашей работы.

Дело в том, что в течение долгих лет в Беларуси скептически относились к нашим исследованиям. Приходилось слышать от видных ученых, что «соя в Беларуси не растет». Поэтому поддержка сотрудников столь известного учреждения была важна для нас не только в плане пополнения коллекции, но и с точки зрения лучшего понимания нами самими начатого дела. Во многом благодаря Л.Г. Щелко мы начали получать приглашения на семинары по селекции сои, наладились переписка и обмен гибридным материалом с селекцентрами. Так, селекционеры Вячеслав Григорьевич Михайлов из Киева и Вячеслав Иванович Сичкарь из Одессы снабжали нас излишками гибридных семян, пока наш селекционный цикл не был еще полностью развернут.

Именно из материала В.И. Сичкаря был выделен первый, а из материала В.Г. Михайлова — второй белорусский сорт сои, которые мы называли Вилия и Ясельда.

Впоследствии В.И. Шерепитко из Молдовы обучил нас методике скрещивания сои, и мы начали регулярно получать межсортовые гибриды. Избыток уже нашего селекционного материала мы рассылали в селекцентры, расположенные в Киеве, Одессе, Ершове Саратовской области. Стали налаживаться связи не только на союзном, но и на международном уровне: на наши письма ответили Р. Эловсон из Швеции и профессор Е. Ширмер из Польши. Эти контакты обогащали нас новыми знаниями и опытом.

К 1984 году нам стало тесно на станции юных натуралистов. Требовалась большая площадь земли, установки искусственного климата для анализа реакции различных сортов на низкие температуры и долготу дня. Да и школьники, с которыми мы начинали, стали студентами. Поэтому мы обратились к руководству Института генетики с просьбой разрешить организовать на базе института комплексный творческий молодежный коллектив по селекции сои. Мы получили это разрешение благодаря поддержке директора института академика Любови Владимировны Хотылевой. С тех пор и до сего дня наша работа связана с Опытной станцией Института генетики. Впрочем, работа продолжалась по-прежнему на общественных началах, главным образом в выходные дни. Наша команда менялась: ежегодно приходили новые люди. Трудно перечислить всех, кто внес свой добровольный вклад в изучение сои! Не все задерживались надолго: возможно, кому-то не нравилась тяжелая и не всегда чистая работа селекционера, может быть, некоторые не смогли дорасти до понимания сути работы, но ядро коллектива всегда сохранялось.

Из разных источников, в том числе от сотрудников института, мы узнали, что кроме нас в Беларуси с соей работают и другие люди, что ее выращивают некоторые крестьяне на Полесье. Принялись искать таких людей. На Комаровском рынке в Минске можно было встретить лиц, продающих мелкие коричневые семена сои. Попытки разузнать у них, действительно ли это местные сорта, не всегда приносили успех: в большинстве случаев они отказывались говорить, откуда они и где выращивают сою. Все же нам удалось вывести, что соя эта — из окрестностей Давид-Городка Столинского района.

О Давид-Городке стоит сказать особо. С давних времен его население специализировалось на выращивании и продаже семян цветов и овощей. Многие огороды в этом поселке представляют собой маленькие ботанические сады, где на клочке земли собрано большое разнообразие видов. Если вы встретите на рынке пожилых женщин с маленькими мешочками семян и нарисованными на фанерных дощечках кар-

тинками, изображающими то, что должно вырасти из этих семян, то можно сказать, что в 50% случаев они из Давид-Городка и в 70% — из Столинского района. Туда мы и направились в экспедицию на поиски местных форм сои в 1987 году.

Посетив ряд деревень и поселков, собрали семь образцов сои, четыре из которых были очень похожи друг на друга: низкорослые, белоцветковые и коричневосемянные. В целом этот сортотип напоминал известный с первой половины XX века сорт *Wilenska brunatna*. Расспросы местных жителей показали, что соя появилась в этих краях давно, свидетельством чего были слова: «еще бабушка выращивала до войны». Два образца доставил нам сотрудник Института земледелия в Жодино, впоследствии агроном-семеновод нашей компании Александр Александрович Зубкович со своей родины — из Лунинца.

Собранные образцы были переданы в коллекцию Всесоюзного института растениеводства, а мы принялись за их изучение. Селекционная ценность местных форм оказалась низкой: в ходе многолетних исследований они проявили себя как одни из худших образцов коллекции. Каковы причины постигшего нас разочарования? Ведь известна же селекционная ценность местных популяций других культур из регионов их естественного произрастания как источников, скажем, иммунитета или засухоустойчивости (эфиопские пшеницы или ближневосточные ячмени). Видимо, причина в том, что Беларусь не является ни первичным, ни вторичным центром внутривидового разнообразия сои, а несколько случайно завезенных сортообразцов вполне могли и не представлять селекционной ценности.

В 1992 году была создана селекционно-семеноводческая компания «Соя-Север», учредителями которой стали люди, много лет бесплатно занимавшиеся селекцией сои, и Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, на базе которого мы продолжали проводить наши исследования.

Еще за год до этого, с 1991 года, начались государственные испытания нашего первого сорта Вилия. В отсутствие районированного стандарта сою сравнивали в первые годы с желтым люпином. Испытания показали, что по зерновой про-

дуктивности соя не только не уступает сорту-стандарту люпина, но и несколько превосходит его. После производственных испытаний наша группа начала заключать хоздоговора с колхозами, убеждая председателей, что небольшие затраты окупятся в животноводстве. Кажется, насчет окупаемости нам не очень верили, но просто хотели помочь и действительно помогали. Хочется сказать огромное спасибо председателям и агрономам хозяйств Брестской области В.И. Балюку и Н.К. Хале («40 лет Октября» Ивановского района), П.С. Прокочкичу и Д.С. Соловью («Парохонский» Пинского района) и многим другим. Их поддержка помогла нашему коллективу выжить и встать на ноги. Были получены неплохие урожаи в производственных посевах, составившие 15–18 ц/га.

В то же время обозначились и вопросы агротехники, требовавшие разрешения. Так, при выращивании на торфяниках, которых много в белорусском Полесье, в том числе и в колхозе «Парохонский», соя давала порой прекрасные урожаи (до 26 ц/га). На плодородных, богатых гумусом почвах развивались высокие (до полутора метров) растения с большим числом узлов. Однако серьезную проблему представляло полегание, которое приводило к поражению посевов белой гнилью, существенно затрудняло уборку. В дождливую же осень уборка поздних культур, к которым относится соя, усложнялась, поскольку размокший торфяник сдерживал работу уборочной техники. Кроме того, на торфяниках соя нередко страдала от весенних заморозков, которые обычно усугубляются на этих почвах, расположенных в низинах. Комплекс отмеченных причин привел к постепенному отказу от использования осушенных земель под эту культуру.

К середине 1990-х годов назрела потребность в расширении селекционного процесса. Для ведения селекции и первичного семеноводства требовалось поле площадью около 10 гектаров. К этому времени мы были знакомы с сотрудниками Лунинецкого ГСУ, которые оказали содействие в размещении наших посевов на его землях. Это явилось наиболее оптимальным решением нашей проблемы. Лунинецкий ГСУ расположен в южной Беларуси на широте Бреста, т.е. в зоне основных производственных посевов сои. Легкие почвы, со-

кращающие период вегетации, способствуют получению качественных семян. Квалифицированный персонал сортоучастка, имеющий большой опыт работы в ведении сортоиспытания, многому научил нас за время нашего сотрудничества. Немаловажное значение имело наличие селекционных сеялок и комбайнов, складских помещений и сушильного оборудования.

Значительные трудности представлял подбор гербицидов. Применявшийся в начале 90-х годов препарат Харнес не оправдал себя из-за жесткого действия, особенно на легких почвах: растения сои нередко поражались им (тем не менее он широко используется на связных почвах Украины). Такой же недостаток присущ и гербициду Стомп, обработка посевов которым в 2002 году в нескольких точках привела к массовому поражению корневой шейки всходов и угнетению роста. В течение ряда лет мы широко применяли Трефлан и его аналоги, в целом неплохо зарекомендовавшие себя, однако их действие недостаточно на однодольные сорняки (пырей, куриное просо). На сегодняшний день мы считаем перспективным новый эффективный гербицид Пивот, но данных по его применению пока еще не так много, чтобы делать окончательные выводы.

В 1998 году районирован второй сорт нашей селекции Ясельда, который до настоящего времени занимает не только основные площади в Беларуси, но и пользуется спросом за рубежом. С 2001 года в Госреестр включен сорт Ствиг, превосходящий Ясельду по урожайности на 7%.

Использование новых сортов позволило повысить намолоты зерна и стабильность урожая. Площади под нашими сортами в эти годы колебались от 400 до 600 гектаров при средней урожайности около 10 ц/га. Урожай в 15–18 ц/га перестали быть исключением, а максимальные достигали 30 ц/га. Колхоз имени Денщикова Гродненского района (главный агроном М.К. Кибилда) — хозяйство, добившееся значительных успехов в производстве сои: так, в 2002 году здесь получен урожай сорта Ясельда 30 ц/га с площади 30 гектаров. По 29 ц/га намолотили с 7-гектарного поля в 2003 году в колхозе «Белорусская нива» Столинского района Брестской области. Сорт Ствиг дал урожай 27 ц/га в колхозе

«Дружба» Ивановского района этой же области (главный агроном М.М. Волощук, 1999 г.). Многие годы возделывают сою в колхозе имени Ленина Петриковского района Гомельской области (главный агроном А.И. Пинчук). В 1990-е годы на пойменных землях там получали устойчивые урожаи около 20 ц/га с площади 20—30 гектаров. Такие же урожаи получают уже в течение ряда лет в экспериментальной базе «Стреличево» Хойникского района Гомельской области (главный агроном В.Н. Тарасенко). В колхозе «Гигант» Бобруйского района Могилевской области посевы сои занимают 10—20 гектаров, а урожаи составляют 18—20 ц/га (главный агроном И.И. Шушпаков).

Т а б л и ц а 6.1

Экономическая эффективность возделывания сои в Беларуси

Показатель	Планируемая урожайность, ц/га		
	10	15	20
Прямые затраты, у.е./га			
— семена	30	30	30
— удобрения	57	60	63
— средства защиты	28	50	90
— ГСМ	33	36	39
— электроэнергия	7	11	15
— зарплата, амортизация	28	30	32
— общехозяйственные расходы	37	43	54
Итого	220	260	323
Стоимость произведенной продукции, у.е./га*			
— товарное зерно	270	405	540
— семена	330	495	660
Прибыль, у.е./га			
— товарное зерно	50	145	217
— семена	110	235	337
Рентабельность, %			
— товарное зерно	23	56	67
— семена	50	90	104

* При закупочных ценах на 1 т товарного зерна 270 у.е. (средние цены 2004 года), 1 т семян — 330 у.е.

Экономические выкладки (табл. 6.1) показывают рентабельность возделывания сои уже при урожайности около 10 ц/га, что в условиях Беларуси вполне достижимо. При более высокой планируемой урожайности затраты на производство сои возрастают в основном за счет применения страховых гербицидов, внесения больших доз удобрений, проведения внекорневых подкормок. Следует отметить, что более выгодным является семеноводство сои, однако для получения качественных семян важно наличие в хозяйстве сушильного оборудования и семяочистительной техники. В целом рентабельность производства сои сопоставима с таковой масличного рапса, но под рапс требуется внесение около 100 кг азота по действующему веществу, тогда как под сою — около 40 кг, что существенно в условиях слабой обеспеченности хозяйств азотными удобрениями.

Пятнадцать лет ушло на то, чтобы создать и утвердить в правах белорусские сорта сои. Уже это — значительное достижение, но главное в том, что за эти годы был создан селекционный конвейер, способный и в дальнейшем выдавать новые сорта сои. Практически одновременно в одних питомниках изучается исходный родительский материал, в других проводятся скрещивания, в третьих происходят размножение, отбор и оценка гибридов, так что кандидаты в сорта можно выдавать на деле ежегодно. И главным звеном в этом конвейере являются люди, их интеллект, увлеченность любимым делом, трудолюбие и опыт.

Глава 7

ПОДХОДЫ К СЕЛЕКЦИИ РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ

Значение концепции сорта в селекции растений

В течение тысячелетий истории земледелия человек проводил осозанный или неосозанный отбор в популяциях культурных растений. Созданные таким образом «староместные» сорта, утратив в основном свое непосредственное значение в растениеводстве, и поныне используются селекционерами в качестве источников хозяйственно ценных свойств. Однако «народная» селекция представляет собой долгий и сравнительно малоэффективный процесс. С познанием законов генетики появилась возможность поставить селекцию на научные основы, что привело в XX столетии к значительному прогрессу в улучшении сортимента в растениеводстве.

По данным американских авторов, в 1980–1990-х годах рост урожайности сортов сои различных групп спелости (0-VII) составлял в среднем около 0,5% в год (Martin, 2001). В селекции сои для умеренной климатической зоны, пожалуй, наибольший опыт накоплен канадскими исследователями. Так, урожайность раннеспелых сортов сои 0-00 групп в Канаде за более чем полвека возросла на 70%, в том числе на 20% — благодаря успехам селекции. При этом среднегодовой «генетический» (т.е. обусловленный не улучшением агротехники, а лишь сортосменной) прирост урожайности составлял в последние два десятилетия около 0,7% (Voldeng et al., 1997).

Опираясь на собственный и заимствованный опыт, руководствуясь потребительским спросом на рынке семян, селекционер создает некую умозрительную концепцию, выражаю-

шую его видение будущего сорта. Известный югославский селекционер С. Бороевич (1984) отмечает, что при организации селекционного процесса необходима программа, выраженная в *идеотипе*, или *модели сорта*. Такая модель должна учитывать не только элементы, из которых складывается продуктивность отдельного растения, но и взаимодействие растительного организма с факторами окружающей среды (различные виды устойчивости, характеристики стабильности и пластичности урожая), а также взаимоотношения с другими растениями в фитоценозе (конкуренция, полегание и др.). Поскольку на настоящем этапе развития науки использование физиологических параметров, описывающих функционирование систем фотосинтеза и ассимиляции, еще затруднительно, в основном концепция сорта ограничивается морфологическим подходом.

О степени влияния концептуального подхода на направление и успешность селекционной работы можно судить, анализируя истоки «зеленой революции» 1960—1970 годов. До середины XX века одной из основных проблем, препятствовавших росту урожаев пшеницы, которая относится к числу важнейших продовольственных культур, было полегание. Создание промышленных сортов низкорослых пшениц по программе, координировавшейся Международным центром по улучшению пшеницы и кукурузы (СИММУТ) в Мексике, позволило адаптировать эту культуру к интенсивным технологиям растениеводства с применением высоких доз удобрений без опасности полегания. Для этого потребовался анализ колоссального исходного материала, привлечение сортов — доноров карликовости из Японии (Коновалов, 1990; Мережко, 1994). За совокупность работ по созданию низкорослых пшениц селекционер Н. Борлауг был удостоен Нобелевской премии.

Проектирование архитектурной модели растения.

Тип роста

В селекции сои при разработке «модели сорта» необходимо учитывать зависимость урожайности и технологических свойств от *сортотипа*, который мы здесь определяем как со-

вокупность морфологических признаков сорта. Наиболее существенное влияние на архитектуру, «облик» растения сои оказывает тип роста (фото 13). Он, как известно, может быть *детерминантным* (законченным), *полудетерминантным* и *индетерминантным* (незаконченным). Тип роста контролируется двумя локусами *Dt1* и *Dt2*. Пара аллелей *Dt1/dt1* обуславливает индетерминантный или детерминантный тип роста соответственно. Доминантный ген *Dt2*, экспрессирующийся только в присутствии *Dt1*, определяет полудетерминантный тип роста (Bernard, 1972).

У детерминантных сортов количество узлов главного стебля предопределено уже в начале цветения, и в дальнейшем удлинение стебля происходит за счет интеркалярного роста, по завершении роста образуется верхушечная кисть с 4—8 бобами. Отметим, что детерминантные сорта могут быть как низко-, так и высокорослыми; в последнем случае необходимо наличие генов, обуславливающих позднее цветение, в противном случае сорт будет карликовым, прекратив рост с началом цветения.

Полудетерминантные сорта фенотипически сходны с высокорослыми детерминантными, однако характеризуются некоторым ростом стебля после начала цветения, которое по этой причине может наступать рано. Верхушечная кисть также хорошо выражена.

У индетерминантных сортов формирование новых узлов происходит в течение всего периода роста, цветение более продолжительно, а верхушечная кисть не образуется.

В субтропических регионах наблюдается широтная дифференциация сортов сои по типу роста. Индетерминантные сорта преобладают среди относительно ранних образцов 0-III групп спелости, возделываемых приблизительно от 35 до 50° с.ш. в Китае, Европе, Северной Америке. В этой зоне они обеспечивают получение более высоких и стабильных урожаев благодаря большему числу узлов и более продолжительному цветению (Сичкар, 1987; Ablett, 1989). Однако в южных областях США и Китая, Бразилии и других странах тропического климата, где выращивают сою, чрезвычайно длинный период вегетации приводит к полеганию индетер-

минантных сортов, которые могут достигать 1,5–2-метровой высоты (University of Wisconsin, 2003). Поэтому для очень позднеспелых сортов IV–X групп характерен законченный тип роста. Потенциальная урожайность обоих типов считается примерно равноценной (Hartung et al., 1981), поскольку детерминантные сорта, несмотря на меньшее число продуктивных узлов, формируют длинные многоцветковые кисти, в которых может быть 15–20 цветков и соответственно большее количество бобов в узле.

Что касается модели раннеспелого сорта 00 группы (эта группа приурочена к зоне 48–53° с.ш.), то этот вопрос на сегодняшний день является дискуссионным. В русскоязычной литературе распространено мнение, что такой сорт должен быть полудетерминантным, невысоким, что призвано обеспечить резерв продуктивности за счет верхушечной кисти и устойчивость к полеганию (Сальников, 1972; Давыденко и др., 1985; Посыпанов, 1990). Этими взглядами объясняется полудетерминантный тип роста значительной части раннеспелых сортов российской и украинской селекции (Белгородская 48, Ланцетная, Аркадия одесская, Белоснежка, Чернытка, Устя и др.).

Подробный анализ данной проблемы осуществил один из ведущих канадских селекционеров Э. Кобер с соавторами. Согласно полученным ими данным, урожайность коммерческих индетерминантных раннеспелых сортов Канады превосходит урожайность детерминантных образцов тех же групп спелости на 10%. В силу более раннего цветения первых фаза налива бобов у них более продолжительна, что дает возможность сформировать более крупное зерно. Среди индетерминантных сортов больше образцов, устойчивых к полеганию, за счет более низкого расположения центра тяжести растения (Cober et al., 2000: табл. 7.1).

Этот же вопрос в отношении полудетерминантного морфотипа, распространенного в Восточной Европе, изучался в компании «Соя-Север». Многолетнее изучение коллекции исходного материала показало, что урожайность сортов с индетерминантным типом роста превышает таковую у полудетерминантных сортов в среднем на 9% в основном за счет

Т а б л и ц а 7.1

**Сравнение детерминантных и индетерминантных
раннеспелых сортов сои по хозяйственно ценным признакам
(по Cober et al., 2000)**

Признак	Тип роста	
	детерминантный	индетерминантный
Урожайность, ц/га	28,9	31,9
Период вегетации, дней	119	115
Высота, см	80	81
Число узлов главного стебля	12,1	12,3
Полегание, балл	2,2	1,8
Масса 1000 семян, г	167	182
Число сортов	10	10

большого (в среднем на 1,7) количества продуктивных узлов. Среди сортов нашей коллекции, не уступающих стандарту (сорт Ясельда) по урожайности, 78% имеют незаконченный тип роста (Rosenzweig et al., 2003).

В наших исследованиях индетерминантные сорта проявили себя более пластичными, обеспечивая более высокие прибавки урожайности в благоприятных условиях главным образом за счет большего числа продуктивных узлов.

В селекционной программе мы использовали ген фасциации стебля *f*, перенесенный из французского образца мутантного происхождения Banana. Благодаря уплощенной форме стебля апикальная меристема фасциированных образцов имеет линейную форму и образует чрезвычайно крупную верхушечную кисть из 30—40 цветков, из которых развивается 10—15 бобов (фото 11). Однако это не компенсировало практически полного отсутствия бобов в пазушных кистях, а крайне неравномерное распределение биомассы приводило к сильному полеганию. Урожай лучших из фасциированных линий в предварительном испытании не превышал 80% от стандарта. Сходные результаты были получены и В.Г. Михайловым из Украинского НИИ земледелия (личное сообщение).

Ветвистость и плотность стеблестоя

По данным американских авторов (Costa et al., 1980; Hoggard et al., 1978; Lueschen, Hicks, 1977), для мощных позднеспелых сортов I—V групп спелости не было отмечено роста урожайности при загущении посева более 20 раст./м², что позволяет сделать вывод о существовании в фитоценозе компенсаторных механизмов, возмещающих потери урожайности при разрежении посева за счет увеличения продуктивности отдельных растений. Среди таких механизмов можно отметить в первую очередь способность к ветвлению. В то же время в русскоязычной литературе неоднократно высказывалось мнение, что раннеспелый сорт сои 00 группы спелости должен обладать минимальным ветвлением и быть приспособленным к повышенным плотностям стеблестоя: 50—60 и даже 70 и более раст./м². При этом часто ссылаются на общую тенденцию создания интенсивных короткостебельных сортов зерновых, предназначенных для плотных посевов. Однако ввиду специфики сои как культуры и принципиально иной структуры урожая зернобобовых экстраполировать такие данные необходимо с осторожностью.

Растения сои с помощью компенсаторного ветвления устраняют пробелы в стеблестое, возникшие из-за плохой всхожести или по иным причинам. В условиях Беларуси, где вполне обычны продолжительные майские заморозки, а влагообеспеченность почвы в конце апреля — начале мая не всегда достаточна, полевая всхожесть может отличаться от лабораторной на 20—30 и даже 50%.

Ветвистые сорта, образующие до 3—4 боковых ветвей, способны формировать стабильный урожай в большем диапазоне плотностей стеблестоя (30—65 раст./м²), нежели сорта с ограниченным ветвлением (рис. 7.1).

Одностебельные сорта характеризуются выраженной оптимальной плотностью стеблестоя (около 60 раст./м²), более высокой, чем ветвистые, что приводит и к дополнительному расходу посевного материала. Одностебельные сорта мало способны к компенсаторному ветвлению при изреживании посева, и при плотности менее 30 раст./м² их урожайность



Рис. 7.1. Зависимость урожайности от плотности стеблестоя у ветвистых и одностебельных сортов сои

резко падает. Кроме того, они характеризуются низким прикреплением бобов (10–15% бобов ниже 15 см). Причиной данного явления следует считать то, что в нижних узлах у одностебельного сорта формируются не боковые ветви, а непосредственно цветковые кисти и впоследствии бобы. Поскольку при уборке большая часть этих бобов остается на стерне, этот признак является нежелательным для промышленного сорта (Розенцвейг и др., 2003).

Для большинства сортов 00 группы спелости, распространенной в нашей климатической зоне, оптимальная плотность стеблестоя составляет около 40 раст./м². Баранов (2000) отмечает, что в загущенных агроценозах расходуется больше влаги на формирование вегетативной массы, из-за чего во второй половине вегетации нередко отмечается ее недостаток для формирования бобов и семян.

О наследовании ветвистости известно пока немного. В гибридной комбинации с участием китайских родительских



Рис. 7.2. Наследование ветвистости у сон (по Nelson, 1996)

форм, изученной Nelson (1996), повышенная ветвистость контролируется двумя неаллельными генами с комплементарным взаимодействием (рис. 7.2).

Другие элементы структуры урожая

Число продуктивных узлов как один из важнейших компонентов продуктивности зависит прежде всего от типа роста, что было разобрано выше, а также от набора генов зависимости от долготы светового дня, которые, изменяя длительность и соотношение фаз вегетации, приводят к формированию того или иного количества узлов (см. ниже). Для сортов 00-0 групп спелости преимущество по этому показателю имеют индетерминантные генотипы.

Среди источников многоцветковых кистей (10 и более цветков) можно отметить такие сорта, как Chang-bai-xiao-you-dou, Харбинская 231а (Китай), Nagaha Hadaka 1, Ohu-ashi 2 (Япония), LF-19 (Польша), Черновицкая 9 (Украина), Березина (Беларусь). У сорта Nagaha Hadaka 1 кисти достигают 15—20 цветков, кроме того, он характеризуется короткими (не более 5 см) междоузлиями, повышенной ветвистостью и при этом высокой устойчивостью к полеганию. Впрочем, удлинение кисти обычно связано с более поздним

цветением, что вряд ли желательно (см. следующий раздел). Из многоцветковых сортов полным набором рецессивных генов фотопериодизма и соответственно самым ранним началом цветения обладает сорт Березина.

По сообщениям ряда авторов, крупность семян в определенных пределах не коррелирует с урожайностью. Лишь у крайних членов вариационного ряда с массой 1000 семян >240 или <120 г проявляется отрицательная связь этих параметров. Таким образом, селекция на заданный размер зерна, например крупный, вполне возможна. Совмещение повышенного количества бобов в узле или семян в бобе с крупносемянностью для раннеспелых сортов вряд ли представляется возможным.

Оптимизация вегетационного периода. Соотношение фаз вегетации

Соя — растение муссонного климата. В Дальневосточном регионе, где она сформировалась как культура, максимальное количество осадков приходится на вторую половину лета. Это время совпадает с периодом налива бобов, наибольшими накоплением зеленой массы и значением транспирации.

Беларусь при годовом количестве осадков 566—769 мм, в том числе в теплое время года около 400 мм, считается регионом с достаточным увлажнением. Однако распределение осадков здесь иное. Пик их выпадения приходится на первую половину лета, а в июле — августе их количество снижается. В южной зоне Беларуси, которая является зоной выращивания сои, среднемесячное количество осадков, зарегистрированное с 1980 по 1994 год, составляло: апрель — 36,5 мм, май — 50,3, июнь — 87,5, июль — 79,8, август — 64,6, сентябрь — 65,4 мм. В засушливые годы общее количество осадков за теплый период уменьшается до 150—300 мм. В южной части страны каждый 4-й или 5-й год характеризуется по крайней мере одним засушливым месяцем с менее чем 30 мм осадков. На песчаных и торфяно-болотных почвах, которые преобладают в южной Беларуси, рост рас-

тений и налив бобов угнетаются уже после 10 дней отсутствия дождя. Такие опасные периоды наблюдаются 3–4 раза в году, их продолжительность составляет 14–18 дней, увеличиваясь к югу. В результате мелиорации Полесской низменности, проведенной в 1960–1970-х годах, частота засух в августе в южной Беларуси значительно возросла, а количество осадков, выпадающих за этот месяц, снизилось на 10–30 мм (Логинов, 1996, с. 147, 193, 198).

По этим причинам проблема засухоустойчивости сои в фазе налива бобов становится актуальной для Беларуси, как и для других стран Восточной Европы. Оставляя в стороне физиологические механизмы, коснемся оптимизации вегетационного периода как стратегии пассивной засухоустойчивости. Можно предложить два пути разрешения этой проблемы.

1. Внедрение ультрараннеспелых (группа спелости 000) сортов, которые могли бы «уходить» от засухи благодаря короткому вегетационному периоду. Однако урожайность таких сортов, в том числе и в засушливые годы, в среднем не превышает 70% от урожая принятого в Беларуси стандарта Ясельда. Такие потери урожая исключили бы экономическую возможность выращивания сои.

2. Альтернативным путем является смещение цветения на как можно более ранние сроки при сохранении общей продолжительности вегетации. Это могло бы обеспечить уход от засухи без снижения потенциала урожайности. Нами показано существование отрицательной корреляции между засухоустойчивостью в фазе налива бобов и продолжительностью периода всходы–цветение для сортов сои 00 и ранней 0 групп спелости (Rosenzweig et al., 2003). Баранов и др. (2000) отмечают критическое значение увлажнения в фазе налива бобов для формирования урожая: для среднеспелых сортов с периодом вегетации 120–130 суток коэффициент корреляции урожайности с количеством осадков в первой половине лета составил 0,46–0,49, а во второй половине — 0,87–0,94. Таким образом, рано зацветающий, но среднеспелый или даже среднепоздний сорт мог бы сочетать засухоустойчивость с высокой урожайностью в благоприятные годы (чего нельзя было бы ожидать от ультраскороспелого



1. Верхушечные кисти
полудетерминантного
сорта Ясельда



2. Белая гниль сои



3. Бактериальный
ожог сои



4. Пероноспороз сои



5. Посев селекционных образцов сои на поле Биологической опытной станции Института генетики и цитологии



6. Собрание, посвященное пятидесятилетию НОУ «Исследователь»



7. Во время визита селекционеров ООО «Соя-Север Ко.» во Всероссийский институт растениеводства. В центре — заведующий отделом зернобобовых культур доктор биологических наук М. А. Вишнякова



8. Во время визита селекционеров компании «Соя-Север» в Украинский НИИ земледелия. Слева направо: заместитель директора УкрНИИЗ доктор сельскохозяйственных наук В. Г. Михайлов, главный селекционер компании «Соя-Север» Д. В. Голоенко, генеральный директор компании «Соя-Север» доктор биологических наук О. Г. Давыденко, заместитель директора Селекционно-генетического института Украины доктор биологических наук В. И. Сичкарь



9. Руководство Лунинецкого ГСУ. Слева направо: агроном Ф. И. Дмитриевич, заведующий ГСУ И. И. Гладовский, агроном С. Г. Гриневич



10. Во время визита руководства компании Robin Appel Ltd. (Лунинецкий ГСУ, август 2000 г.)



11. Селекционные образцы сои с фасцированным стеблем



12. Коллекционный питомник



13. Сортотипы сои: индетерминантный ветвистый — Major, Снежок (слева), полудетерминантный ветвистый — Ясельда, Березина (в центре), полудетерминантный одностебельный — Припять, Устя



14. Посев конкурсного
испытания сои (Несвиж, 2003 г.)



15. Главный
селекционер
Д. В. Голоенко
за гибридизацией сои

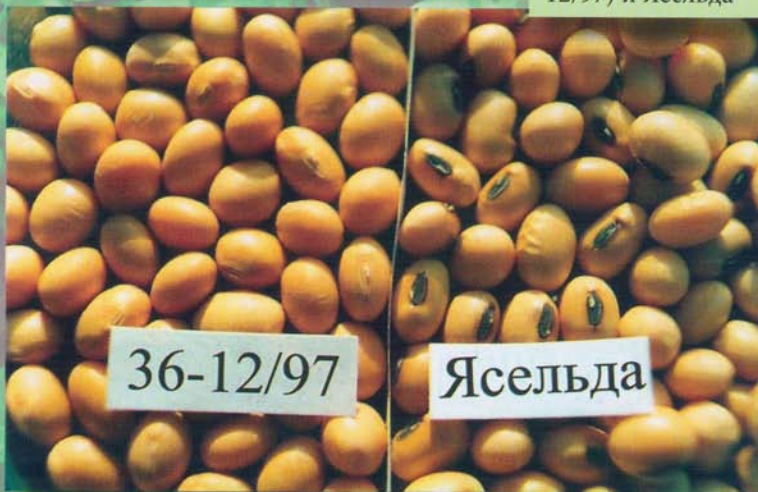


16. Уборка конкурсного сортоиспытания
(Лунинецкий ГСУ, 2001 г.)



17. Сорта сои
Припять (36-12/97)
и Ясельда

18. Семена сортов
сои Припять (36-
12/97) и Ясельда





19. Посевы сои в фазе 4-5 тройчатых листьев, на которых применялся гербицид зенкор (норма расхода 0,9 кг/га)



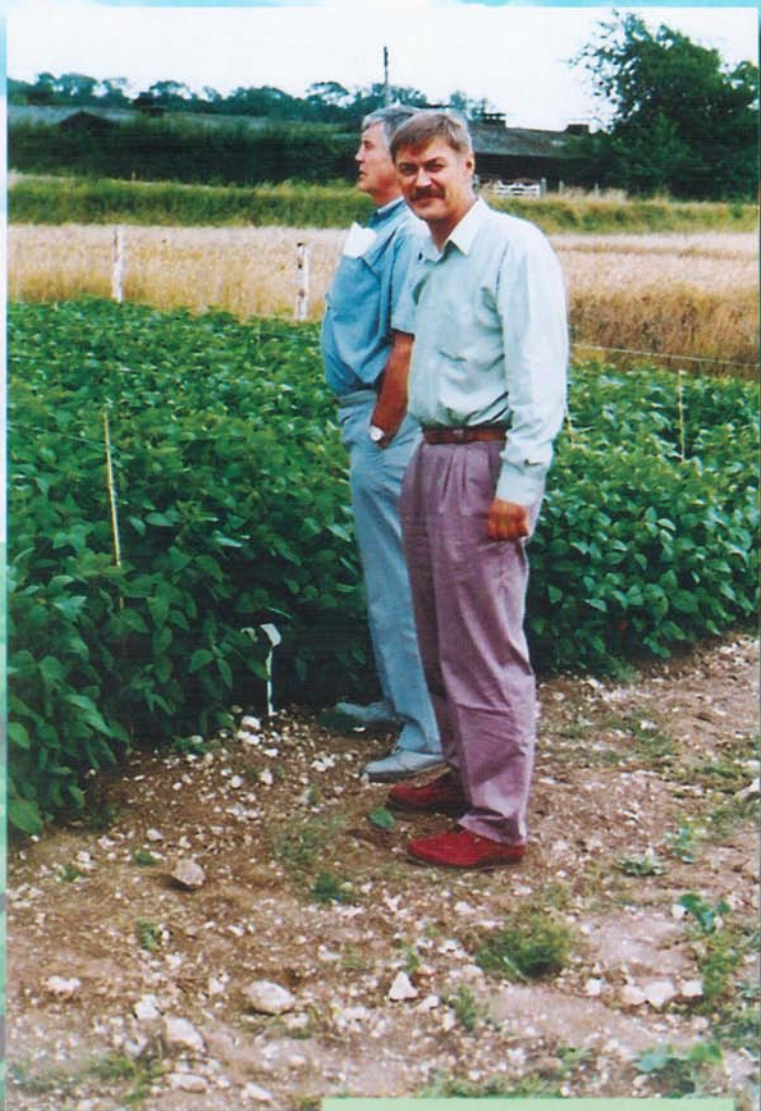
20. Стерня сои сорта Березина: практически полное отсутствие потерь при высоте среза 15 см



21. Бывший министр сельского хозяйства и продовольствия В. С. Леонов (в центре) и О. Г. Давыденко (первый слева) на соевом поле в колхозе «Парохонский» Пинского района (сентябрь 1995 г.)



22. Английский селекционер К. Лики (справа) и аспирант А. О'Делл на опытном поле Уай Колледжа



23. Профессор Д. Бейкер (слева)
и О. Г. Давыденко на посевах сои
в Уай Колледже



24. Узкоре́дный посев сорта Ясельда (Великобритания, 2001 г.)



25. Широко́рядный посев сои в фазе полного цветения

26. Полудетерминантные
растения сорта Припять



27. Английский селекционер К. Лики и агроном компании
Robin Appel Э. Виллот осматривают посевы сои

сорта). Надо сказать, что большая часть современных сортов Беларуси, России, Украины удовлетворяет этому требованию. Совмещение раннего цветения со средне- или поздне-спелостью возможно как для индетерминантных, так и для полудетерминантных, но не для детерминантных сортов.

Фотопериодизм

Вегетационный период сои как растения короткого дня регулируется в основном генами чувствительности к длине светового дня. Набор этих генов определяет общую продолжительность и соотношение этапов вегетации того или иного сорта в данной географической точке. По этой причине сорта сои в отличие, скажем, от сортов зерновых культур приурочены к узким диапазонам географических широт. Считается, что продвижение по меридиану примерно на каждые 100–150 км (около одного градуса широты) требует внедрения нового сорта сои.

Описано не менее 9 локусов, контролирующих период вегетации и реакцию на фотопериод у сои (табл. 7.2).

Ген *E1* удлиняет вегетативную фазу (всходы – цветение) на 19–23 суток как при 16-часовом, так и при более длинном дне, при этом не влияет на репродуктивную фазу (цветение – созревание). Сорта с генотипом *E1e3e4* (Ohyaichi 2, Kitamushume, Kitamishiro, AC Cormoran) являются поздноцветущими, но не увеличивают период вегетации при продвижении в северные широты. На основе японского материала создавались высокорослые детерминантные сорта для Канады (Cober et al., 2000).

Гены *E3* и *E4* обуславливают реакцию на фотопериод в вегетативной фазе, которая достигает 30 суток при 20-часовом дне, а при 16-часовом и более коротком дне отсутствует (Buzzell, Voldeng, 1980). Сорта с этими генами, например Harosoy – *e1e2E3E4e5E7*, Clark – *e1E2E3E4e5*, практически не вызревают в северных широтах. Ген *E3* сцеплен с геном типа роста *Dt1* на расстоянии 27,5 сМ (Cober, Voldeng, 1996), ген *E4* сцеплен с геном формы листочка *Ln* (13,8 сМ) (Abe et al., 2003).

Гены *E2* (сорт Clark) и *E5* (Mejoro, L 64-4830) удлиняют вегетативную фазу на 6–13 и 3–7 суток, а репродуктивную — на 5–6 и 15–16 соответственно (Bernard, 1971; McBlain, Bernard, 1987).

Ген *E7* тесно сцеплен с *E1* (6,2 сМ) и *T* (цвет опушения — 4,4 сМ) и удлиняет вегетативную фазу на 6–8 суток при 17–20-часовом дне (Cober, Voldeng, 2001).

Рецессивные аллели всех этих генов обуславливают нейтральность к фотопериоду. Многие сорта 00 и 000 групп несут эти аллели (*e1e2e3e4e5e7*): Maple Ridge, Alta, Major, Sito, Fiskeby V, Aldana, Polan, Рассвет, Соната, УСХИ-6 и др.

Большинство упомянутых исследований было сосредоточено на вегетативной фазе онтогенеза, т.е. на влиянии генов фотопериодизма на индукцию цветения сои. Правда, у некоторых сортов отмечалась реакция на 16-часовой и более длинный день в репродуктивной фазе (Guamet, Nakayama, 1984). В экспериментах Чжэня и Ду, выполненных на китайском сорimente, влияние долготы дня на продолжительность репродуктивной фазы практически отсутствовало (Zhang, Du,

Т а б л и ц а 7.2

Эффекты генов фотопериодизма на фазы вегетации сои в зависимости от продолжительности светового дня (по: Cober et al., 1996; Bernard, 1971; McBlain, Bernard, 1987; Destro et al., 2001)

Аллель	Всходы — цветение			Цветение — созревание			Всходы — созревание		
	12 ч	16 ч	20 ч	12 ч	16 ч	20 ч	12 ч	16 ч	20 ч
<i>E1</i>	-	++	++	-	-	-	-	++	++
<i>E2</i>	-	+	+	-	+	+	-	++	++
<i>E3</i>	-	+	+++	-	-	+	-	+	++++
<i>E4</i>	-	+	+++	-	-	-	-	+	+++
<i>E5</i>	-	+		-	++		-	++	
<i>E7</i>	-	+	+	-	-	-	-	+	+
<i>e6, j</i>	++								
?новый	-	-	-	-	+	+++	-	+	+++

«-» — отсутствие эффекта;

«+» — слабый эффект (удлинение фазы развития на 5–13 суток);

«+++» — сильный эффект (18–23 суток);

«++++» — очень сильный эффект (около 30 суток).

1999), однако в качестве значений изучаемого фактора были избраны 13,5 и 16 часов, что, возможно, и не позволило проследить реакцию.

Подавляющее большинство лучших по урожайности в условиях Беларуси коллекционных и селекционных сортовоб-разцов обладало нейтральной реакцией на фотопериод в фазе индукции цветения. Таким образом, раннее цветение, которое обеспечивается полным набором нейтральных аллелей *e1e2e3e4e5e7*, видимо, является существенно значимым для формирования высокого урожая зерна в условиях Беларуси. Это согласуется со сделанным нами ранее выводом о том, что для климата, характеризующегося умеренным дефицитом осадков во второй половине лета, предпочтительна селекционная стратегия, направленная на смещение цветения на возможно более ранние сроки при сохранении общей продолжительности вегетационного периода.

При анализе реакции изучавшихся нами сортов на фотопериод в фазе созревания выяснилось, что значительная их часть сильно затягивает созревание при круглосуточном освещении (не менее чем на 30–50 суток). Учитывая отсутствие реакции на фотопериод в фазе индукции цветения, можно сделать вывод, что ни один из описанных на сегодняшний день аллелей в локусах *e1-e7* (см. табл. 7.2) не оказывает такого эффекта на вегетацию сои. Присутствие этого, возможно, неопisanного, гена чувствительности к длине дня в фазе созревания в сортах 00 группы при естественном освещении удлиняет общий период вегетации на 8–10 суток, способствуя при этом формированию более высоких урожаев. Таким образом, вряд ли можно считать наличие этого гена в селекционном материале нежелательным.

При длине фотопериода менее 13,5 часа рассмотренные гены фотопериодизма не экспрессируются (Cober, Stewart, Voldeng, 2001), так что обычным сортам требуется в зависимости от температуры 30–40 суток для перехода к цветению.

У тропических сортов, возделываемых южнее 20-й параллели, существуют иные генетические системы: гены *e6*, *j* и другие, рецессивные аллели которых вызывают задержку ювенильной фазы (нечувствительности к запуску механиз-

мов цветения) до 30 суток, в то время как у обычных сортов гормональные процессы, приводящие к переходу в репродуктивную фазу, начинают функционировать примерно с 12-го дня после всходов. Сорта — носители этих генов даже на экваторе зацветают на 55 — 60-е сутки (Destro et al., 2001). До открытия этих «экзотических» генов производство сои в тропиках, в частности в Бразилии, сдерживалось недостатком позднеспелых сортов, которые могли бы формировать приемлемые урожаи, традиционные же сорта в столь низких широтах оказывались, как пояснено выше, чересчур раннеспелыми и соответственно низкоурожайными.

Качественные признаки

Среди сортов 0 и более поздних групп спелости преобладают сероопушенные, тогда как большинство сортов 00 и 000 групп имеют коричневое опушение. Как показано Morrison et al. (1997), окраска опушения имеет адаптивное значение как регулятор температуры в фитоценозе. Светлое опушение препятствует перегреву растений в жарком климате, а темное способствует лучшему поглощению тепловой энергии в умеренной климатической зоне. Кроме того, ген светлого опушения *t* тесно сцеплен с *E7*, вызывающим задержку цветения на неделю (см. выше), хотя имеется достаточно много сортов, у которых это сцепление разорвано.

Существующее мнение о том, что ланцетовидная (узкая) форма листочка способствует лучшему распределению листовой поверхности и снижению конкуренции за свет в нижних ярусах (Давыденко и др., 1985), не подтверждается данными американских авторов (Mandl, Buss, 1981). По их мнению, узколистные изолинии не имели преимуществ в урожайности и технологичности. Как известно, узколистность у сои коррелирует с увеличением числа семян в бобе, что, впрочем, компенсируется уменьшением их крупности.

Овальная форма листочка, обусловленная геном *ov*, в отличие от заостренной коррелирует с пониженным числом семян в бобе. Это можно наблюдать у таких известных сортов, как, например, McCall или Белоснежка.

Не исключено, что можно добиться увеличения площади листовой поверхности и ее лучшего распределения, вводя в селекционный материал гены 5–7-листочковости *lft5*, *lft7*. Однако этот вопрос еще требует изучения.

Отсутствие антоциана, обусловленное, как и белая окраска цветка, рецессивным аллелем *w*, некоторые исследователи связывают (см. Vigier, 2003) со снижением устойчивости к белой гнили (*Sclerotinia*). Gay et al. (1999) указывают, что ген пурпурной окраски венчика *w^r* снижает урожайность примерно на 10%.

Улучшение качества зерна

Повышению содержания белка в зерне сои уделяется достаточно много внимания. Несмотря на указанную многими авторами отрицательную корреляцию этого признака с урожайностью, в разных странах создан ряд сортов, сочетающих приемлемую урожайность с высокой белковостью. В качестве исходного материала для селекции можно рекомендовать следующие сорта с высоким содержанием белка (44–47%) и наименьшим набором нежелательных качеств: Бэй-мань 41, Хуан-тоу, Сяо-цзин-хуан, Цзы-хуа 4, Кэ-шуан, Kong-fu-tseu (Китай), Raiden, Bansei, Chakurakake (Япония), Vinton 81 (США), Ivory (Канада), Halton (Франция), Веста (Россия), Припять (Беларусь). В последние годы канадскими селекционерами созданы раннеспелые сорта с содержанием белка 47–49%: AC Proteus, AC Proteina, Optimus, RD-714. Для этого в качестве источников высокого содержания белка привлекались формы дикой сои (Voldeng et al., 1996; Cober, Voldeng, 2000).

К сортам пищевого назначения (для переработки на муку, молоко) предъявляются следующие требования: неокрашенный рубчик семени, желательно крупное зерно (масса 1000 зерен 220–270 г), повышенное содержание белка, хорошая способность к гидратации (поглощению воды при набухании). Одним из лучших пищевых сортов является Vinton 81 (University of Maryland, 2001). Низкая трипсинингибирующая активность отмечается для сорта Kunitz, пониженная

ТИА в сочетании с высоким содержанием белка характерна для сортов Фора, Веста. Наличие отрицательной корреляции (от -0,44 до -0,97) ТИА с содержанием белка позволяет вести одновременную селекцию на улучшение обоих показателей (Петибская, 2000).

Использование методов молекулярной генетики

В связи с быстрым развитием молекулярно-генетических технологий в 1990-е годы методы изучения тонкой структуры генома стали применяться и для решения задач селекции.

Методики, основанные на полимеразной цепной реакции, такие как RAPD, амплификация микросателлитных последовательностей (SSR-simple sequence repeats), позволяют осуществлять паспортизацию сортов растений с целью охраны прав селекционеров, устанавливать идентичность или различие сомнительных коллекционных образцов.

Картирование генов и установление молекулярных групп сцепления производятся с помощью RFLP (restriction fragment length polymorphism), SSR-маркеров. Однако необходимо также соотнесение этих результатов с классическими группами сцепления.

Анализ наследования сложных количественных признаков (QTL — quantitative trait loci) проводится с помощью тех же методик. Так, последние исследования по сое в рамках этой тематики позволили выявить полигенное наследование толерантности к склеротиниозу — 28 локусов (Aghahana et al., 2001) и фотопериодической зависимости — около 10 локусов, обнаружить гомологию между некоторыми генами фотопериодизма таких отдаленных видов, как соя и арабидопсис (Yamanaka et al., 2002; Tasma, Shoemaker, 2003). Недавно канадскими учеными были картированы гены фотопериодизма *E1*, *E3*, *E4*, и *E7* с помощью SSR-маркеров (Molnar et al., 2003).

Исходный материал для селекции

Ключевым моментом в селекции является исходный материал. В течение десятков лет основным коллекционным учреждением на пространстве Восточной Европы и России остается Всероссийский институт растениеводства имени Н.И. Вавилова в Санкт-Петербурге (ВИР). Мировая коллекция ВИР насчитывает более семи тысяч образцов, ее каталог доступен в интернете на сайте www.vir.nw.ru.

Коллекция Украинского института растениеводства имени В.Я. Юрьева в Харькове включает более тысячи сортообразцов (Кобызева и др., 2002).

Наиболее обширная научная коллекция сои поддерживается National Plant Germplasm System (NPGS) под эгидой Департамента сельского хозяйства США. В ее составе около 18 тыс. образцов. Как и образцы коллекции ВИР, они также доступны для заказа, а с каталогом можно ознакомиться на сайте grain.jouy.inra.fr. Кроме того, на связанном сайте Germplasm Resources Information Network (GRIN) www.ars-grin.gov можно предварительно осуществить в этой коллекции поиск образцов, удовлетворяющих заданным условиям, т.е. любой совокупности агрономических, биохимических и других параметров.

Для специалистов в области селекции раннеспелых сортов сои будет представлять интерес сайт канадского сортоиспытания www.soybean.op.ca, на котором можно найти ежегодно обновляющиеся данные по новейшим достижениям канадской селекции, являющейся, пожалуй, одной из наиболее сильных на сегодняшний день. Описания новых канадских сортов и статьи по селекции сои представлены практически в каждом номере *Canadian Journal of Plant Science*.

В компании «Соя-Север» поддерживается коллекция, включающая около 400 сортообразцов различного происхождения (Китай, Япония, США, Канада, Франция, Польша, Украина, Россия и др.), преимущественно 00 группы спелости. Каталог нашей коллекции исходного материала приведен в следующей главе, а последнюю электронную версию этого каталога в виде таблицы Microsoft Excel можно за-

казать у нас по электронной почте (soyanort@home.by). Достаточное количество раннеспелых сортов сои, имеющихся в распоряжении селекционера на сегодняшний день, предоставляет большие возможности в планировании скрещиваний, чем, скажем, двадцать лет назад. Тем не менее повышение как потенциала урожайности, так и ее стабильности остается первостепенной задачей селекции сои.

Первичный центр разнообразия культурной сои — Китай. Хотя китайская селекция представлена в нашей коллекции в основном не самыми новыми образцами, они могут быть использованы как источники качества зерна (см. выше). Несмотря на то что урожай таких старых сортов, как Кэ-шуан или ДСС 2527 (литовский отбор из китайского материала), и уступает стандарту (Ясельда) на 5—15%, по сбору белка с гектара названные образцы даже превосходят последний и формируют зерно пищевого качества (42—44% белка, масса 1000 семян 210—250 г, неокрашенный рубчик). Недостатками китайских сортов являются склонность к полеганию и позднее цветение (за исключением Гунь-нинь), которое в Беларуси наступает на 48—67-е сутки.

Вторичным центром разнообразия сои можно считать Северную Америку. Лишь отдельные сорта селекции США могут возделываться в нашей стране, однако позднеспелые образцы (Amsoy 71, Vinton 81, Evans, Dawson) поддерживаются нами в теплице и также вовлекаются в скрещивания. Большим набором сортов представлена канадская селекция, среди них немало раннеспелых (00 группа). Стабильно высокими урожаями и неплохой технологичностью обладают такие сорта, как McCall (США), Maple Glen, Gentleman, ОАС Erin, ОАС Bayfield, KG-20, PS 3008-1 (Канада). Вовлечение их в селекционный процесс представляется весьма желательным для селекционеров, работающих над созданием раннеспелых сортов сои.

Французские сорта сои главным образом позднеспелые. Высокой урожайностью обладают Sakura (I группа), Armoir (0 группа). Одним из лучших сортов 00 группы спелости в наших условиях зарекомендовал себя Major — индетерминантный высокорослый (при этом созревающий на 4—5 дней

раньше стандарта) сорт с хорошей ветвистостью и крупным зерном, устойчивый к полеганию и осыпанию зерна. Его недостатком является твердосемянность в годы с жаркой осенней погодой.

Ультраранние полукарликовые сорта шведской селекции, созданные еще при участии С. Холмберга, лучше использовать как доноры раннеспелости в скрещиваниях с поздними родителями. Предпочтение среди них можно отдать сорту Fiskeby V, дающему более высокие и стабильные урожаи.

Польские сорта и селекционные линии также большей частью имеют детерминантный полукарликовый морфотип (Polan, Progres, Milvus). Не уступает нашему стандарту по урожаю лишь сорт Aldana (в плотных посевах), однако он характеризуется ограниченной способностью к ветвлению; в то же время его полевая всхожесть часто бывает низкой, в итоге урожайность может уменьшаться на 20–25%, поэтому данный сорт трудно рекомендовать к использованию. Почти все шведские и польские образцы неустойчивы к растрескиванию бобов.

Много интересных сортов создано на Украине, где селекцией сои занимаются около десяти селекцентров. Не уступают лучшим мировым сортам по урожаю в своей группе спелости Киевская 27 (недостатки: полегание и растрескивание бобов), Юг-30, Устя и другие. Высоким потенциалом урожайности обладают мощные индетерминантные сорта Ватра, Подольская 1, Валюта. Хорошая озерненность узла, устойчивость к засухе и растрескиванию бобов характеризуют такие сорта, как Белоснежка (на ее основе создан ряд других сортов), Юг-30, Устя.

Важнейшим селекцентром в европейской части России является ВНИИ масличных культур в Краснодаре. Основной на сегодняшний день промышленный сорт Кубани Вилана (I группа) вовлекается нами в гибридизацию. Большое внимание во ВНИИМК уделяется повышению качества зерна, созданию высокобелковых сортов пищевого направления использования, таких как Фора, Веста (Петибская и др., 2001). Работа над созданием засухоустойчивых сортов ведется во ВНИИ орошаемого земледелия (г. Волгоград), Ершов-

ской опытной станции, Белгородской сельскохозяйственной академии. Дальневосточные сорта 00 группы ВНИИС-2, Октябрь 70, более позднеспелый Вега и другие также представляют, по нашему мнению, интересный исходный материал.

Подбор родительских пар для гибридизации

Известно, что не всегда сорта сельскохозяйственных культур, являющиеся носителями (т.е. *источниками*) тех или иных признаков, способны быть их *донорами*, т.е. с большой вероятностью передавать их своим потомкам (Мережко, 1994). Одна из причин данного явления заключается в том, что полигенные количественные признаки формируются в результате уникального сочетания множества локусов со слабыми эффектами. В силу этого в гибридном потомстве образование желательных рекомбинантов происходит с крайне малой вероятностью. Тем не менее некоторые сорта характеризуются высокой сортообразующей способностью и дают начало целому ряду новых сортов. В селекции раннеспелых сортов сои к числу таких перспективных доноров уже можно отнести Evans, McCall, Белоснежку. В то же время неравноценность сортов по родительским свойствам приводит к генетическому однообразию. Так, 80% вклада в родословные сортов северной части США в 1970–1980-х годах приходилось на долю десяти образцов, интродуцированных в основном из Маньчжурии, в том числе 30% — на долю сорта Mandarin, а для юга США такую же долю в создание сортов сои внесли всего семь сортов, причем почти 50% — CNS. В Бразилии одиннадцать родительских форм обеспечили 89% генофонда сои, а в Маньчжурии 59% сортов создано с участием Манцан-цзин (Сичкарь, 1987; Yang, Wang, 2000). Однообразие селекционного материала и, следовательно, генофонда представляет опасность как потенциальная основа для быстрого распространения болезней и вредителей.

Анализируя многолетние данные, накопленные нами в ходе селекционного процесса, мы также попытались оценить селекционную ценность родительских форм. Индекс *parental breeding value* (Anoshenko, 1998) представляет собой

отношение количества линий, в родословной которых задействован данный родитель, в селекционном питомнике F_5 или F_6 к общему количеству линий в данном питомнике. Условием использования этого индекса является равное количество гибридных комбинаций по родителям, планирование скрещиваний по схеме латинского квадрата. Поэтому нами предложено оценивать родительские свойства исходного материала с помощью *показателя селекционной ценности* (ПСЦ). Он представляет собой отношение количества линий, в родословной которых задействован данный родитель, в предварительном испытании (F_7) к количеству таких линий в селекционном питомнике 2-го года (F_6), выраженное в процентах, и, таким образом, не зависит от объема скрещиваний и исходного числа комбинаций. Надо признать, что применение ПСЦ, видимо, оправдано лишь при большом числе гибридных комбинаций, при диаллельной схеме скрещиваний или при сравнении однотипных, схожих комбинаций. В случае малого числа последних этот показатель будет подвержен большому влиянию фактора случайности в подборе пар, так что неплохой родитель вполне может оказаться «дискредитированным».

Для лучших родительских форм линий, вышедших в предварительное испытание в 1999–2003 годах, величина ПСЦ колебалась от 15 до 60%, хотя не во всех случаях число изученных комбинаций можно признать достаточным (табл. 7.3).

Для индетерминантных сортов, которых в представленной выборке было 12, средний ПСЦ составил 24,1%, тогда как для полудетерминантных сортов в количестве 14 его среднее значение было равным 13,3%.

Анализ родословных, опыт ведущих зарубежных селекционеров (Voldeng et al., 1997) свидетельствуют о целесообразности привлечения позднеспелых, в том числе не вызревающих в Беларуси, родителей 0-I групп спелости для создания линий с высокой потенциальной урожайностью. Подавляющее большинство современных канадских сортов создано с участием позднеспелых родителей по схеме простых или тройных гибридов (табл. 7.4). При формировании гибридной популяции из трех родительских форм последним включается

**Значения показателя селекционной ценности
для родительских форм линий, находившихся
в предварительном испытании в 1999—2003 годах**

Родительский сортобразец	Происхождение	ПСЦ, %	Количество гибридных комбинаций
Sui Nong № 1	Китай	50	4
ВИР-600090		14	4
ВИР-9481		17	2
Toshi dai 7910	Япония	23	10
S-43	Франция	60	4
Polan	Польша	12	17
Aldana		47	5
INAR-NK		10	4
LF-19		18	11
Luteo		33	1
Белоснежка	Украина	9	5
Чернятка		20	9
К 0870		26	15
Грибская 30	Россия	4	6
Ясельда	Беларусь	15	13
Ствига		4	5
Снежок		17	12
Щара		16	9
Пина		0	15
Белорусская 1		6	10
СН 1926-2		15	4
СН 341-2-6		39	1
СН 25-2		15	5
СН 14-4		17	12
СН 24-2		25	4
СН 34-87		20	2

в гибридизацию хорошо адаптированный, желательно коммерческий, среднеспелый сорт. Отметим также, что среди наших коллекционных образцов, превышающих стандартный сорт Ясельда по урожайности, 76% имеют в родословной позднеспелого родителя. Вовлечение в гибридизацию таких родителей, как Harosoy (США, II группа спелости), Линия 12 (Нидерланды, 0 группа спелости), привело к созданию селекци-

Т а б л и ц а 7.4

**Урожайность, период вегетации и родословные некоторых
лучших коллекционных сортообразцов сои**

Сорт	Урожай- ность, % стандарта	Период вегетации, сут	Родословная (родительские формы 0-II групп спелости выделены <i>курсивом</i>)
McCall	106	123	Acme / <i>Chippewa</i> // <i>Hark</i>
Maple Donovan	111	131	Maple Arrow / <i>Harcor</i>
Maple Glen	112	133	Fiskeby 840-7-3 // Portage / <i>Amsoy</i> /// Premier
Maple Ridge	97	113	Fiskeby III / <i>Evans</i>
Alta	99	120	<i>Amsoy</i> 71 / Maple Presto
AC Albatros	100	127	McCall // Fiskeby / <i>Harosoy</i>
Gentleman	103	122	<i>Ozzie</i> // ISZ-7 / BK-1714
KG-20	108	119	McCall // Fiskeby III / <i>Hardome</i>
ВНИИС-2	104	120	Л241-49 / Л286-49 // Заря / При- морская 529
Устя	100	120	Белоснежка / Жемчужная
Юг-30	109	118	Earliest prolifill / <i>Evans</i>
Ясельда (стандарт)	100	120	<i>Чайка</i> / <i>Szwedzka</i> 4-75
Вилия	105	123	Fiskeby IV / <i>Harosoy</i>
Ствига	107	124	Белорусская 1 / МК-1
Припять	104	119	LF-19 // Б-0006 / <i>Линия</i> 12
СН 1470-20-1	118	129	Б-0006 / <i>Линия</i> 12 // Грибская 30

онных образцов, превосходящих стандарт по продуктивности на 10—20%.

Необходимость создания более широкой генетической основы для селекции, несмотря на то что этот подход сопряжен с более длительным подбором исходного материала, отмечается и другими авторами (Сичкарь, 1987).

Глава 8

КАТАЛОГ КОЛЛЕКЦИИ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА КОМПАНИИ «СОЯ-СЕВЕР»

Коллекционные образцы изучались в 2000–2003 годах в коллекционном питомнике компании «Соя-Север», расположенном на опытном поле Института генетики и цитологии НАН Беларуси (г. Минск, 54° с.ш., средний суглинок, 2,4% гумуса) и на Лунинецком ГСУ (д. Дребск, 52° с.ш., легкая супесь, 1,2% гумуса). Сорта высевали на делянках площадью 0,9 м² с междурядьем 45 см, в одной повторности, стандарты размещали через каждые 10 делянок. Плотность стеблестоя к уборке составляла 25–35 раст./м².

Различие погодных условий по годам за период изучения позволило произвести разносторонний анализ технологичности и адаптированности раннеспелых сортов сои. Так, лето 2000 года было относительно прохладным и влажным, что привело к снижению урожаев сортов 0 и частично 00 групп спелости. Гидротермические условия 2001 года, близкие к оптимальным для культуры по обеспеченности теплом и влагой, способствовали формированию высоких урожаев, но увеличивали полегаемость растений. Сильная засуха во второй половине лета в сочетании с высокими температурами в 2002 году привела к снижению продуктивности всех образцов, позволив оценить их устойчивость к растрескиванию бобов. Погодные условия 2003 года в целом были типичными для Беларуси по сумме температур и увлажнению.

Образцы, выделившиеся по продуктивности и качеству семян (содержание белка и масла), приведены отдельным списком в конце каталога.

**Описание показателей, использованных
при характеристике образцов сои в каталоге
(табл. 8.1)**

Характеристику образцов осуществляли в соответствии с Международным классификатором СЭВ рода *Glycine Willd.* (1990) с корректировками по отдельным признакам.

Образцы в каталоге сгруппированы по странам и регионам происхождения, а также селекционным учреждениям — оригинаторам сортов.

№ каталога ВИР — номер образца в основном (4—5-значный) или интродукционном (6—7-значный) каталоге ВИР.

Группа спелости, определяемая суммой активных температур ($>10^{\circ}\text{C}$) от всходов до созревания, и примеры сортов:

Группа спелости	Сумма активных температур выше 10°C (всходы — созревание), $^{\circ}\text{C}$	Примеры сортов (от более ранних до более поздних в пределах группы)
000	1700—2000	Fiskeby V, Maple Presto, Mareva
00	2000—2400	Maple Ridge, Рассвет, Устя, Ясельда, McCall, Maple Arrow
0	2400—2600	Maple Donovan, Волна, Evans
I	2600—2800	Вилана, Vinton 81
II	2800—3000	Amsoy 71

Данная классификация групп спелости принята в странах Северной Америки и Западной Европы (Wilcox, 1987) и отличается от классификации, используемой преимущественно в странах СНГ. Достоинство предлагаемой системы, с нашей точки зрения, состоит в том, что она основана на сумме активных температур, необходимой для созревания сорта. Хотя эта величина может модифицироваться реакцией сорта на фотопериод и гидроэдафическими факторами, она точнее характеризует группу спелости сорта, нежели продолжительность вегетации в сутках, которая может быть совершенно различной в разных географических точках.

Группа спелости 00 в каталоге разбита на три подгруппы: 00р — раннюю, 00с — среднюю и 00п — позднюю.

Всходы—цветение — продолжительность периода всходы—цветение в г. Минске, выраженная в сутках.

Всходы—созревание — продолжительность периода всходы—созревание в г. Минске, выраженная в сутках.

Продолжение табл. 8.1

№ каталога ВИР	Сортообразец	Группа спелости	Всходы — цветение, сут	Всходы — созревание, сут	Урожайность, %	Высота растения, см	Тип роста	Строение куста	Количество узлов	Полетание, балл	Доля бобов ниже 15 см, %	Расстреливание бобов, балл	Масса 1000 семян, г	Содержание белка, %	Содержание масла, %	Окраска цветков	Окраска опушения	Окраска кожуры семян	Окраска рубчика	Форма листочка
10249	Hong kong No.3	00п	49	138	66	72	i	o	13	2	6	1	154			б	с	ж	ж	у
	Heinong 26	0					i									б	с	ж	ж	у
9775	Hu 76-6094	00п	51	136	92	87	i	к	13	2	4	1	208	39,0	19,0	б	к	ж	ж	у
566961	Bei liang No.8	00п	57	142	61	65	i	к	11	3	10	1	171			ф	с	ж	ж	у
	Bei hu															ф	с	ж	ж	у
600090	ВИР-600090	0	53	157		68	s	o	13	1	2	1	190	39,5	22,2	б	с	ж	ж	у
601676	Gong ning	00п	44	141	85	86	i	к	15	3	6	1	168	41,3	18,6	ф	к	ж	ж	
	Kong fu ju	0					i	к						47,0		ф	к	ж	ж	
Япония																				
9561	Bansei (Ames)	II					d					1		44,0				ж	ж	
5839	Ohyachi 2	I	72	154		77	d	к	13	3	0	3	252	40,8	22,1	ф	к	ж	ж	
6654	Kitamusume	I					d	к	13	3			240			ф	к	ж	ж	
	Karikachi	0					d	к	13	3			240			ф	к	ж	ж	
10500	Wase midori	0					d	к	10	1			260			б	к	з	ч	
	Cha kura kake	00					d	к	10	3			280	46,0		б	к	к	к	
	Kosodiguri extra early	00				32	d	к	7	1			150	51,0		ф	к	з	ч	
	Kokuso	00					i	к								ф	с	ж	ж	
6935	Toshi dai 7910	0	48	146	74	88	i	к	15	3	6	1	173	40,0	18,4	б	к	ж	ж	
США																				
5687	Harosoy	II														ф	с	ж	ж	

6394	Amsoy 71	II					i	к,в	16	2		1	170	37,2	22,7	ф	с	ж	ж	
9028	Vinton 81	I					i	к	15	2		1	230	44,0		ф	с	ж	ж	
	Sprite 87	I				35	d	к		1						ф	к	ж	ж	
10083	Kunitz	II														ф		ж	ч	
6401	Evans	0					i	к	15	3		1	160	40,6	24,0	б	с	ж	ж	
9264	Chico	0		147			i	к	15			1		36,9	25,2	б	с	ж	ж	
	Dawson	0					i	к,в				1				ф	с	ж	ж	
9169	Ozzie															ф	с	ж	ж	
	Agassiz	0														ф	с	ж	ж	
6463	Ada	00с	55	127	95	74	i	с	13	3	10	1	154			б	с	ж	ж	
7210	McCall	00п	44	136	106	82	i	к	13	3	11	1	161	39,0	20,1	ф	с	ж	ж	

Канада

Eastern Cereals and Oilseeds Research Centre, Ottawa

5739	Merit	0					i	к	14			1	170			б	с	ж	ж	СК
5076	Pagoda	00п	51	138	80	86	i	к	13	3	10	1	196			ф	с	ж	ж	
5539	Acme	00п	48	137	82	82	i	к	13	2	5	2	207	40,0	18,8	ф	с	ж	ж	
5609	Im 55-2	00п	51	134	106	82	i	к	14	3	3	1	193	38,4	19,7	ф	с	ж	ж	СК
																			ГЛ	
6941	0-73-2	00р	44	126	91	78	i	к	13	1	8	5	230	38,9	21,3	ф	к	ж	ж	
6816	0-73-4	00с	44	130	85	73	i	к	12	1	12	4	221	38,0	23,0	ф	к	ж	ж	
6720	0-73-8	00с	48	136	80	87	i	к	11	2	5	1	193	39,0	22,0	ф	к	ж	ж	
6721	0-73-12	00п	47	137	107	76	i	с	13	3	10	1	165	40,0	20,0	ф	к	ж	ж	
9003	Maple Presto	00п	39	120	75	53	i	с	10	1	15	1	187	38,0		ф	к	ж	ж	
9004	Maple Amber	00п	44	140	92	79	i	с	13	2	12	1	185	39,0	20,0	ф	к	ж	ж	
9918	Maple Belle	0	55	138	102	83	i	к	14	2	5	1	138	37,4	20,8	ф	с	ж	ж	СК
9917	Maple Donovan	0	54	141	111	83	i	к	14	2	3	1	142	36,6	20,8	ф	с	ж	ж	СК
9790	Maple Isle	00с	46	132	96	73	i	к-о	12	2	11	1	202	38,5	21,4	ф	к	ж	ж	

№ каталога ВИР	Сортообразец	Группа спелости	Всходы – цветение, сут	Всходы – созревание, сут	Урожайность, %	Высота растения, см	Тип роста	Строение куста	Количество узлов	Полегание, балл	Доля бобов ниже 15 см, %	Растрескивание бобов, балл	Масса 1000 семян, г	Содержание белка, %	Содержание масла, %	Окраска цветков	Окраска опушения	Окраска кожуры семян	Окраска рубчика	Форма листочка
9919	Maple Glen	00п	43	138	105	72	i	к	13	1	13	1	188	40,0	23,0	ф	к	ж	ж	у
9648	Maple Ridge	00р	43	125	94	74	i	к	13	1	12	1	167	37,5	20,9	ф	к	ж	жгл	
601670	Alta	00с	42	131	97	80	i	с	13	2	8	1	215	36,3	20,9	ф	к	ж	ж	
	Accord	00с	53	129	92	89	i	к	12	2	2	1	161			б	к	ж	ж	
597592	AC Albatros	00п	43	136	103	76	i	к	13	3	5	1	150			ф	с	ж	ж	
601669	AC Cormoran	0	62	150	114	76	d	к	14	2	2	1	176	37,3	19,4	ф	к	ж	к	
	AC Colibri	00п	56	135	45	75	i	п,в	14	3	2	1	64	35,4	23,8	ф	с	ж	ж	
	AC Brant															ф	к	ж	ж	
	Achiever															ф	к	ж	ж	
Guelph University																				
595021	OAC Erin	00п	55	140	111	78	i	к	13	1	4	1	144			б	с	ж	ж	
595020	OAC Bayfield	0					i	к	13	1		1	180			ф	к	ж	к	
595019	OAC Atwood	00														ф	с	ж	ж	
602979	OAC Vision	00р	42	125	93	74	i	к-о	12	1	12	2	188			ф	к	ж	ж	
King Agro																				
10539	KG-20	00с	40	130	104	70	i	к	13	2	5	1	175			ф	к	ж	ж	
10614	Labrador	00п	46	142	78	92	i	с	14	3	7	4	135	36,1	22,8	ф	к	ж	к	
CEROM, Quebec																				
601671	Gentleman	00п	42	137	109	83	i	к	13	2	10	1	192	40,1	21,2	ф	к	ж	к	

First Line Seeds

597594	Korada	0	44	141	107	75	i	к	13	2	8	1	181			ф	к	ж	ж	
--------	--------	---	----	-----	-----	----	---	---	----	---	---	---	-----	--	--	---	---	---	---	--

Неизвестный оригинатор

9421	Blackeye	I	59	142	(80)	57	i	к	11	2	8		274	39,3	22,6	ф	к	з	ч	
6852	Manitoba brown	00п	55	141	59	63	d	к	9	1	1		181			б	с	к	к	
9672	PS 80															ф	с	ж	ж	
583598	PS 3008-1	00п	43	139	117	86	i	с	14	3	12	4	138	34,7	22,3	ф	к	ж	к	
9789	Lesoy 273	00р	43	127	72	88	i	к	14	2	8	1	180	39,4	20,5	б	к	ж	к	
581973	T-220	00п					i									ф	с	ж	ж	
10507	Fl-1	0	44	141	105	80	i	к	13	3	11	1	187	40,3	20,4	ф	к	ж	ж	
10508	Fl-2	0	55	143	107	90	i	к	14	3	3	1	138			ф	с	ж	ск	
10626	OT 891	00р	41	126	103	76	i	к	13	1	13	4	196	37,9	22,1	ф	к	ж	к	

Франция

10608	Sakura	I					i	к,в								б	с	ж	ж	
10609	Soriano	I					d	к								ф	к	ж	ч	
9189	Sostene	I					i	к,в								ф	с	ж	ж	
10375	Solano	0	55	146	107	86	i	к	14	3	7	1	136	36,1	19,9	ф	с	ж	ж	
583608	Effi	0	62	143	101	87	i	с	14	3	2	4	157	39,9	19,2	ф	с	ж	ж	
	Armour	00п	53	140	114	85	i	к	13	3	3	1	168			б	к	ж	ч	
	Halton	0					i	к						46,0		ф	к	ж	ч	
10606	Kalmit	00с	53	135	87	94	i	к	13	3	5	1	146	42,0	19,0	ф	с	ж	ж	
9837	Sito	00р	41	129	98	71	i	к	14	2	14	1	189	37,8	20,4	ф	к	ж	ж	
9922	Major	00р	42	126	108	78	i	к	13	1	9	1	195	37,9	19,9	ф	к	ж	ж	
6887	S 43	00р	43	125	96	77	i	с	13	2	10	1	241	38,3	19,0	ф	к	ж	жгл	
601672	INRA 464-414-2-1-1	00с	45	131	107	71	s	о	11	2	8	1	187	37,3	20,0	ф	к	ж	к	
601673	INRA 597-9-2	00с	43	128	106	76	i	с	13	2	18	3	165			ф	к	ж	ж	

№ каталога ВИР	Сортообразец	Группа спелости	Всходы – цветение, сут	Всходы – созревание, сут	Урожайность, %	Высота растения, см	Тип роста	Строение куста	Количество узлов	Полетание, балл	Доля бобов ниже 15 см, %	Распределение бобов, балл	Масса 1000 семян, г	Содержание белка, %	Содержание масла, %	Окраска цветков	Окраска опушения	Окраска кожуры семян	Окраска рубчика	Форма листочка
563856	INRA 654-12-12-1 F 40 R/W	00с	47	130	86	58	s	c	9	1	17		177			Ф	с	ж	ск	
		00с	49	137	58	66	i	c	11	3	8		159			Ф	к	ж	к	
Сербия																				
9935	Jelica															Ф	с	ж	с	
9936	Zvezda																			
	NS-16																			
Болгария																				
5108	Semilutea	00с	45	130	65	79	i	o	11	1	18		214	44,0	18,0	Ф	к	ж	ж	
Венгрия																				
138511	Borosztyan	0					i	к					150			Ф	с	ж	ж	
9978	BS-31	00п	46	135	109	82	i	с, в	14	3	10		149			Ф	к	ж	ск	
Румыния																				
5315	Herb 22	00п	53	141	84	74	s	c	12	3	9	3	179			Ф	к	ж	кгЛ	
5231	Herb 606	00п	52	143	73	78	s	c	12	4	10		190			Ф	к	ж	кгЛ	
Чехия																				
6303	Holesavska	0	62	152	75	78	i	к	12	3	6	3	197	42,9	17,0	Ф	с	ж	ж	
6306	Caloria	00п	50	132	97	90	i	с	14	3	14	1	170	37,2	19,7	Ф	к	ж	ч	
Германия																				
9539	Aida	00п	44	136	98	77	i	к-о	12	3	7	1	180			Ф	к	ж	ч	
583602	UO 3-341	0	44	140	104	83	i	к	13	3	16	1	163			Ф	к	ж	ч	
583603	UO 8-491	0	57	144	102	82	i	к	14	3	6	1	124	40,4	19,9	Ф	с	ж	ж	
583607	Rita (=Hana)	0	44	144	99	78	i	к	13	3	6	3	157			Ф	к	ж	к	
10641	LMF	00с	43	132	87	76	i	с	14	3	16	1	176			Ф	к	ж	кгЛ	
Литва																				
4396	Dornburger Stamm	0	46	139	102	87	i	к, в	15	3	8	3	131	41,2	18,4	Ф	к	ж	ч	
6778	Mutantestamm 4158/74	00п	53	137	79	84	i	п	12	4	3		204			Ф	к	ж	к	
9473	Lilablute	00п	48	143	102	63	s	к	13	1	15	3	166	36,9	20,8	Ф	к	ж	к	
Латвия																				
4912	DSS 2527	00п	55	144	87	76	i	к	13	3	9	1	200	41,7	17,7	Ф	с	ж	ж	
Швеция																				
5593	Soya bonor 827-4-23	000	43	120	69	45	d	с	7	1	30	5	226	39,0	19,0	Ф	к	ж	к	
5588	Fiskeby III	000	42	118	66	45	d	с	7	1	27	5	263	38,7	17,7	Ф	к	ж	кгЛ	
6484	Fiskeby IV	000	42	119	41	33	d	с	6	1	41		223	39,6	20,0	Ф	к	ж	к	
6275	Fiskeby V	000	43	118	83	55	d	к	9	1	23	5	204	38,7	19,6	Ф	к	ж	к	
5583	Fiskeby 840-5-3	000	39	118	83	63	d	с	10	1	18	5	215			Ф	к	ж	кгЛ	
8129	Fiskeby 52/17	00п	41	134	100	79	s	о	13	2	17	1	197	39,3	20,0	Ф	к	ж	к	
6793	Bravalla	000	38	113	79	38	d	к	7	1	35		178	39,1	20,0	Ф	к	ж	ч	
8143	Weibull	000	42	117	83	59	d	с	9	2	15	5	192	36,8	20,5	Ф	к	ж	к	
8144	1179-8-17	00с	45	134	94	79	i	с	13	3	16	1	145	39,0	22,0	Ф	к	ж	к	
8931	1179-8-35	000	43	119	70	62	d	с	10	2	16	4	136			Ф	к	ж	с	

№ каталога ВИР	Сортообразец	Группа спелости	Всходы — цветение, сут	Всходы — созревание, сут	Урожайность, %	Высота растения, см	Тип роста	Строение куста	Количество узлов	Полетание, балл	Доля бобов ниже 15 см, %	Растрещивание бобов, балл	Масса 1000 семян, г	Содержание белка, %	Содержание масла, %	Окраска цветков	Окраска опушения	Окраска кожуры семян	Окраска рубчика	Форма листочка
Польша																				
5803	Wilenska brunatna	00с	53	133	63	55	d	п	9	1	11		210			б	к	к	к	
6972	Ajma (=R11/17-76)	0	54	137	67	60	i	к	12	3	8		150			ф	к	ч	ч	
6973	Tiara	0	57	145	73	83	i	к	13	3	9		150			ф	к	з	с	
6798	Bydgoska 0.74	00п	46	133	79	66	i	к	13	2	16	2	175	42,1	18,7	ф	к	ж	ж	
5676	Zlotka	00п	62	135	93	69	i	к, в	13	3	5	1	134	34,8	20,8	ф	к	ж	с	
6456	Arctic	000	45	120	72	47	d	с	8	1	16		183	37,0	20,0	ф	к	ж	к	
8203	Nordic 357	000	41	121	71	39	d	к	7	1	24		185	40,2	20,0	ф	к	ж	к	
7116	Kolekcyjna	000	43	117	69	56	d	к	9	1	9	5	229	36,0	21,0	ф	к	ж	кГЛ	
9631	S 5	000	41	122	64	35	d	к	8	1	50		224	36,0	22,0	ф	к	ж	ж	
9805	Luteo	00с	53	132	68	61	d	с	11	4	11	5	173	38,0	18,0	ф	к	ж	к	
9030	Progres	000	44	116	78	55	d	с	9	1	10	5	191	36,0	18,0	ф	к	ж	кГЛ	
	Milvus	000	41	119	50	56	d	к	9	1	7		160	35,0		ф	к	ж	к	
	Nawiko	00р	50	128	74	53	d	к	12	1	5	3	155	38,0		ф	к	ж	к	
522515	Polan (=RAH 182)	000	39	117	79	65	d	с	10	2	16	5	177	38,8	21,4	б	к	жз	сГЛ	
	Jutro (=RAH 495)	00р	48	122	92	76	i	к	13	2	10	1	146	37,6	21,0	ф	к	ж	к	
583271	Aldana	00р	41	125	102	82	i	о	13	1	10	1	197	37,6	20,2	ф	к	ж	кГЛ	
8889	IHAR-NK	00р	42	126	101	82	i	о	12	2	5	3	228	38,0	20,0	ф	к	ж	кГЛ	
583267	LF 8	00с	44	133	90	58	i	с	12	2	23	1	160	40,0	19,0	ф	к	ж	ж	

5 Зак. 3560

583269	LF 19	00с	55	132	87	70	s	п	12	3	4	5	121	39,5	19,9	б	с	ж	жГЛ	
581575	N/m 4888	00п	57	142	56	83	i	п	11	3	5		184			ф	к	ж	кГЛ	
600087	907/37	000	44	121	76	53	d	с	9	1	11	3	185	37,0	21,0	б	к	ж	кГЛ	
	907/66	00с	52	130	73	72	i	к	13	3	7	4	148	38,0	21,0	ф	к	ж	ж	
	921/22	00п	42	141	87	81	i	к	13	3	8	3	162	37,0	22,0	ф	к	ж	к	
	985/8	00с	48	133	98	72	i	с	13	3	7	2	140	38,0	21,0	ф	к	ж	ск	
	1029/8	00р	46	125	87	71	i	о	13	2	10	1	165	38,0	21,0	ф	с	ж	ж	
	1037/2	00р	43	127	76	76	i	к	13	2	14	2	175	36,0	21,0	ф	к	ж	кГЛ	
	1073/4	00р	40	126	88	74	i	о	12	2	13	1	191	37,0	21,0	ф	к	ж	ж	
600088	1075/3	000	37	113	76	54	d	с	9	1	18	5	200	35,0	21,0	ф	к	ж	кГЛ	

Казахстан

5045	ACC 17	00п	53	139	91	85	i	п	12	4	7	1	170			ф	к	ж	кГЛ	
5048	к-5048	00п	53	139	82	80	i	п	13	3	5	1	197	37,7	19,0	ф	к	ж	кГЛ	

Молдова

4880	Молдавская 65	0	60	141	86	77	i	с	13	4	11		192			ф	к	ж	кГЛ	
4844	Скороспелка 3	00п	60	139	59	64	i	с	13	4	6		149	39,9	18,7	ф	к	ж	кГЛ	
601677	Timpuria	0	55	140	93	84	i	п	13	2	2	1	145	36,8	20,8	б	с	ж	ск	
	Aura	0					i	к								ф	с	ж	ж	
	Colina	0					s	к								ф	к	ж	чГЛ	
	Licurici	0					i	к								б	к	ж	к	

Украина

Селекционно-генетический институт, Одесса

5126	Пионерка	00п	54	145	77	88	i	п	14	4	3	1	143			ф	к	ж	кГЛ	
	Аркадия одесская	0					s									ф	к	ж	кГЛ	
	330-I-5 (83)	00п	46	140	111	78	i	с	14	3	14	1	135	39,1	19,0	ф	к	ж	ск	
	680-II	00с	45	129	84	65	s	с	11	3	10	1	144	38,0	21,0	ф	к	ж	жГЛ	
	701-II	00с	43	130	78	78	s	с	12	2	14	1	164	38,3	21,0	ф	к	ж	ж	
	772-II	00п	46	140	82	77	i	с	13	3	14	1	159	40,0	19,0	ф	к	ж	ж	

№ каталога ВИР	Сортообразец	Группа спелости	Всходы — цветение, сут	Всходы — созревание, сут	Урожайность, %	Высота растения, см	Тип роста	Строение куста	Количество узлов	Полегание, балл	Доля бобов ниже 15 см, %	Растрескивание бобов, балл	Масса 1000 семян, г	Содержание белка, %	Содержание масла, %	Окраска цветков	Окраска опушения	Окраска кожуры семян	Окраска рубчика	Форма листочка
	773-I	00п	46	137	92	74	i	c	14	3	18	1	170	40,2	19,0	ф	к	ж	ж	
<i>Институт земледелия южного региона, Херсон</i>																				
9608	Вітязь 50	0					i	к								ф	с	ж	ж	
	Юг 30	00р	48	127	107	73	i	к	12	2	4	1	158			б	с	ж	ж	
600089	4346/1/84	000	43	122	91	56	d	o	10	1	13	1	140	39,4	22,1	ф	с	ж	скгл	у
<i>Терезинская ОС</i>																				
6404	Білосніжка	00п	51	133	91	69	s	c	12	2	6	1	152	38,8	18,5	ф	с	ж	скгл	
<i>Институт растениеводства, Харьков</i>																				
9091	Харківська 35	00п	58	144	88	71	s	c	13	4	10	1	126			ф	к	ж	жгл	
9585	Харківська 66	00п	54	145	66	76	i	c	13	4	8	2	115	37,6	20,0	ф	к	ж	ск	
7201	Харківська 80	0	56	144	102	99	i	к	14	4	1		164			ф	к	ж	к	
9584	Харківська скоростигла	00п	59	141	84	67	s	c	12	3	8	1	135	38,7	19,0	ф	с	ж	ж	
9669	Вікторія	00п	51	142	108	79	i	c	13	2	6	1	120	38,2	20,8	ф	к	ж	ж	
	Ніка	00п	48	138	99	88	i	c	13	2	9	1	167			ф	к	ж	к	
599820	Мрія	00п	48	138	110	82	i	c	13	3	10	2	164	38,8	19,7	ф	к	ж	к	
	Романтика															ф	к	ж	кгл	
<i>Красноградская ОС, Харьковская обл.</i>																				
599814	Аметист	00п	54	137	82	72	s	c	12	3	3	1	147			ф	с	ж	кгл	
<i>Львовоградская ОС</i>																				
599819	Уманьська 2	00п	49	139	108	76	i	c	14	3	14	3	147	39,4	20,0	ф	к	ж	ск	
	Медея	00п	56	140	64	74	s	c	11	3	1	2	148			ф	с	ж	ск	
	Валюта	0					i									ф	к	ж	к	
	Изумрудна	0					i									б	к	ж	к	
	Ювілейна	0					s									б	с	ж	ск	
<i>Буковинский институт агропромышленного производства, Черновцы</i>																				
8655	22-83	00п	47	140	97	76	i	c	14	3	18	1	144	39,4	19,0	ф	к	ж	ск	
8656	25-83	00п	48	141	104	78	i	c	14	3	12	1	144	40,1	19,0	ф	к	ж	ск	
	Чорнівецька 8	0					i									б	с	ж	ж	
	Чорнівецька 9	0					s									ф	к	ж	кгл	
	Іванка															ф	к	ж	к	
	Прикарпатська 96															ф	к	ж	ж	
<i>Каменец-Подольская аграрно-техническая академия</i>																				
	Подільська 1															ф	к	ж	к	
	Подільська 416															ф	к	ж	к	
	Ватра															ф	к	ж	к	
	Краса Поділля															ф	к	ж	ж	
<i>Институт земледелия, Киев</i>																				
6442	Искра	00п	44	143	90	75	s	к	12	2	26	3	179	38,3		ф	к	ж	ч	
7215	Нива	0	46	136	96	79	i	с	14	3	18	3	139	38,0	20,6	ф	к	ж	ск	
9334	Киевская 27	0	46	143	119	81	i	к	14	3	12	3	171	38,7	20,0	ф	к	ж	к	
6497	Киевская 48	00п	52	138	85	75	s	с	12	3	5	2	141			ф	к	ж	кгл	
599834	Киевская 98	00п	44	138	98	82	s	o	13	2	12	1	134	41,0	17,0	ф	к	ж	к	
9844	Киевская 451	00п	44	135	98	82	s	o	13	2	19	1	150	39,0	21,0	б	к	ж	к	
599826	Чернятка	00п	47	136	104	68	s	к	13	3	6	4	159	37,2	19,4	ф	к	ж	кгл	
601678	Устя	00с	42	127	100	64	s	o	11	1	14	1	166	38,6	21,7	ф	к	ж	ск	

№ каталога ВИР	Сортообразец	Группа спелости	Всходы — цветение, сут	Всходы — созревание, сут	Урожайность, %	Высота растения, см	Тип роста	Строение куста	Количество узлов	Полегание, балл	Доля бобов ниже 15 см, %	Расстреливание бобов, балл	Масса 1000 семян, г	Содержание белка, %	Содержание масла, %	Окраска цветков	Окраска опушения	Окраска кожуры семян	Окраска рубчика	Форма листочка
	Елена	00с	43	129	90	m	s	o	12	2	14	4	146	39,0	16,0	ф	к	ж	кгл	
	№ 434	00п	45	133	96	76	s	o	11	2	7	4	152			ф	к	ж	к	
	№ 730	00с	50	128	94	84	i	к	13	2	4	1	144	37,3	20,0	ф	к	жз	с	
	К 0152 (Goldsoy/075-3)	00с	43	128	85	67	s	с	12	2	15	2	178	37,0	21,0	ф	к	ж	жгл	
	К 0197 (Искра/Nordic)	00п	44	133	99	86	i	с	14	3	11	1	164	39,0	20,0	ф	к	ж	ск	
	К 0817 (Merit/Жемчужная)	00п	46	139	104	82	i	с	14	3	14	2	138	39,0	20,0	ф	к	ж	ск	
	К 0870 (Gieso/Волна)	00п	44	138	103	72	i	с	14	3	12	1	143	40,0	18,0	ф	к	ж	ск	
	К 0912 (Evans/Жемчужная)	00п	45	137	86	77	i	с	14	4	14	2	135			ф	к	ж	ск	
	<i>Неизвестный оригинатор</i>																			
	Феміда																б	с	ж	ж
	Золотиста																			
	<i>Россия</i>																			
	<i>ВНИИМК, Краснодар</i>																			
7108	Волна	0	62	152	78	80	s	к	13	3	9	1	157			ф	к	ж	ч	
9956	Вилана	I	63	156	(113)	92	i	к	15	3	2	1	140	40,3	22,3	ф	с	ж	ж	
10637	Дельта	0					i									б	с	ж	ж	
9958	Руно	0	66	154	91	83	i	к	14	3	1	1	143	37,8	24,0	ф	с	ж	ск	
10382	Лада	00с	54	133	105	76	i	с	13	2	8	1	172			б	к	ж	ж	
	Лира															б		ж	ж	
	Ника															ф		ж	ж	
	Валента													48,0		ф	с	ж	ж	
	<i>ВНИИОЗ, Волгоград</i>																			
9995	ВНИИОЗ-39															б	с	ж	ж	
	<i>Ершовская ОСОЗ</i>																			
	Соер 85-88	00п	55	128	107	84	i	к	13	1	5	1	148	40,0	20,6	ф	к	ж	ск	
	Соер 120-88	00с	50	126	93	65	s	к	12	2	10	2	170	38,1	20,0	б	к	ж	кгл	
	Соер 121-88	00с	53	126	96	66	s	к	13	2	7	2	166	38,6	19,3	б	к	ж	кгл	
0126711	Соер 2-95	00р	47	126	85	52	d	п	9	1	12	1	180	39,8	20,0	ф	к	ж	кгл	
9952	Соер 3 (= 17-88)	00с	48	133	93	69	s	о	13	2	13	1	151	40,1	19,0	ф	к	ж	кгл	
9953	Соер 4	00с	47	129	102	73	i	с	12	1	8	1	180	39,5	20,8	ф	к	ж	жгл	
9954	Соер 5	00р	44	128	87	68	s	о	10	2	21	1	155			ф	к	ж	кгл	
10394	Соер 3491	00п	50	140	110	78	s	п	12	2	6	2	132	35,1	21,3	б	к	ж	к	
0126709	Evans/Амурская 462	00с	48	128	98	64	i	п	12	1	16	1	151	39,1	20,9	б	с	ж	ж	
0126710	Восход/1191-79	00п	48	139	110	79	i	с	13	3	11	1	145			ф	к	ж	к	
	NSC 9086-75/М. Arrow	00р	50	126	99	62	i	п	12	2	5	1	152	38,7	21,0	ф	к	ж	ск	
	<i>Белгород</i>																			
9587	Белор	00п	46	135	97	70	i	с	13	1	10	4	157	38,0	21,0	ф	к	ж	к	
	Б-27	00р	50	128	97	62	d	к	11	1	8	4	184	38,3	20,4	б	к	ж	к	
	Белгородская 6	00					i			1						б	с	ж	к	
	Белгородская 48	00					s									ф	с	ж	к	
	<i>Воронеж</i>																			
8643	Гамма 85	00п	45	135	114	70	i	с	13	2	19	1	155	41,9	20,0	ф	к	ж	к	
	Вейделевская 17															ф	с	ж	кгл	
	Миф						s									ф	с	ж	к	

Продолжение табл. 8.1

№ каталога ВИР	Сортообразец	Группа спелости	Всходы – цветение, сут	Всходы – созревание, сут	Урожайность, %	Высота растения, см	Тип роста	Строение куста	Количество узлов	Полегание, балл	Доля бобов ниже 15 см, %	Расстреливание бобов, балл	Масса 1000 семян, г	Содержание белка, %	Содержание масла, %	Окраска цветков	Окраска опушения	Окраска кожуры семян	Окраска рубчика	Форма листочка
	Гера № 132(1)						s i									ф ф	к к	ж ж	жгл ж	7-л
		<i>Институт зернобобовых культур, Орел</i>																		
	Ланцетная	00р	41	131	94	65	s	к	12	2	16	2	170		20,9	ф	к	ж	скгл	у
		<i>Брянск</i>																		
	Брянская 11						i									ф	к	ж	ж	
		<i>Тимирязевская сельскохозяйственная академия, Москва</i>																		
5521	Тимирязевская 144	00с	58	129	64	52	d	с	9	1	5		163	40,6	17,0	б	к	к	к	
9515	Линия 52-М	00р	51	128	84	73	i	к	12	2	16	3	175	38,0	19,0	ф	к	ж	кгл	
		<i>Чувашия</i>																		
0137275	Мадева	000	46	118	58	61	i	с	9	2	7		141			ф	к	ж	ж	
		<i>Ульяновский сельскохозяйственный институт</i>																		
9951	УСХИ-6	00с	46	133	96	70	i	к	12	2	17	2	156	33,1	21,9	ф	с	ж	ж	
		<i>НПО Приокское Рязанской обл. (совместно с ТСХА)</i>																		
9659	Магева	000	44	118	74	74	i	с	11	2	8	1	172	37,6	21,5	ф	к	ж	ж	
9959	Окская	00с	43	126	78	77	i	к	11	2	7	1	172			ф	к	ж	к	

9960	Светлая	000	43	118	66	54	d	к	9	1	17	4	161			6	к	ж	к
<i>ВИР, Санкт-Петербург</i>																			
9594	Линия 7	000	41	122	66	53	d	с	9	1	40	1	172	41,8	20,0	ф	к	ж	ж
<i>Алтай</i>																			
10043	Алтом	00с	45	133	90	80	i	к	12	2	8	3	202	36,2	20,0	ф	к	ж	к
<i>Сибирский НИИ кормов, Новосибирск</i>																			
9609	СибНИИК-315	00с	41	132	73	48	i	с	10	1	13		201			ф	к	ж	к
<i>Омск</i>																			
5118	Иртышская 1	00с	53	132	81	81	i	с	12	3	7		166	39,1	19,0	ф	к	ж	к
9332	Омская 4	00с	46	134	99	76	i	к	12	2	12		191	38,8	20,2	ф	к	ж	ж
10044	СибНИИСХ-6	000	41	118	78	46	d	о	9	2	37	1	184			ф	к	ж	ж
<i>ВНИИС, Благовещенск</i>																			
5570	Юбилейная	00п	57	143	100	81	i	п	12	2	5	2	220	36,0	21,3	6	к	ж	ж
4875	Салют 216	00п	55	147	91	80	i	к	13	3	7	1	152			ф	к	ж	ж
6446	ВНИИС-2	00п	45	132	115	81	i	п	14	2	13	1	147	36,6	20,5	ф	к	ж	ж
6456	Смена	00с	45	130	81	73	i	с	12	3	18	2	168	42,0	20,0	ф	к	ж	ж
6507	Северная 2	00р	48	125	71	67	i	с	10	2	7	1	154	41,0	19,0	ф	к	ж	ж
	А 0008	00с	47	130	97	71	i	к	13	3	13	3	173	43,0	18,0	ф	к	ж	ж
	А 0013	00п	44	133	101	76	i	к	13	3	18	1	153	38,3	19,9	ф	к	ж	ж
6106	Амурская 310	00п	49	135	107	78	i	с	13	3	12	1	151			ф	к	ж	СК
9774	Октябрь 70	00с	45	131	111	83	i	к	13	3	11	1	149	37,3	20,7	ф	к	ж	к
8898	ДК 86	00п	45	137	97	82	i	с	13	3	8	1	149	41,0	19,0	ф	к	ж	с
9850	Зейка	00п	51	139	77	78	i	к,в	13	4	6	1	162			6	с	ж	ж
9950	Закат	00п	50	139	108	83	i	к	13	3	7	1	191	38,4	20,3	ф	к	ж	ж
9962	Вега	00п	54	141	115	81	i	к	13	3	5	1	171	39,6	19,9	ф	к	ж	ж
9963	Соната	00р	44	128	104	77	s	о	13	3	18	3	154	43,5	20,1	ф	к	ж	ж

№ каталога ВИР	Сортообразец	Группа спелости	Всходы — цветение, сут	Всходы — созревание, сут	Урожайность, %	Высота растения, см	Тип роста	Строение куста	Количество узлов	Полетание, балл	Доля бобов ниже 15 см, %	Расстреливание бобов, балл	Масса 1000 семян, г	Содержание белка, %	Содержание масла, %	Окраска цветков	Окраска опушения	Окраска кожуры семян	Окраска рубчика	Форма листочка
8777	Взлет	00с	47	134	108	80	i	с	14	3	10	1	136			ф	к	ж	ж	
9053	Рассвет	00с	55	132	101	87	i	к	13	2	5	2	146	44,8	20,0	ф	к	ж	ж	
10638	Даурия Гармония															б	к	ж	ж	у
<i>ДальГАУ, Благовещенск</i>																				
8642	Грибская 30	00п	44	134	93	67	i	о	12	3	22	1	150	41,2	18,8	б	к	ж	ж	у
9961	Росинка	00п	45	140	86	69	i	к-о	13	3	13	1	150			б	к	ж	ж	у
<i>Хабаровск</i>																				
9756	Мария	00п	45	135	87	72	i	к	13	2	18	4	184			б	к	ж	ж	
9163	Хабаровская 0.1	00п	56	143	113	83	i	п	12	2	5	2	177	38,5	20,1	ф	к	ж	ж	у
9757	Мивак	00п	46	139	109	82	i	к	13	3	10	1	151	41,0	22,0	ф	к	ж	ж	у
9755	М-1	00п	48	143	99	83	i	к	13	3	15	1	145	43,0	20,0	ф	к	ж	жгл	
0134044	Кобра	00п	45	143	55	67	i	к	10	2	11		209			ф	—	ч	чгл	
9055	Находка																			
<i>Беларусь</i>																				
<i>Староместные образцы</i>																				
9824	Брестская местная 1	000	43	120	58	50	d	к	9	1	31	5	182	39,0	19,0	ф	к	ж	к	
9825	Брестская местная 2	00с	50	129	48	54	d	с	8	1	20	4	173	39,0	17,0	б	к	к	к	

9830	ДГ 1 (Давид-Городок)	00с	52	129	41	49	d	с	8	1	19	4	201	40,0	18,0	б	к	к	к	
9833	ДГ 5	00с	55	131	40	45	d	к	8	1	28	2	206	40,0	19,0	ф	с	ж	ж	
<i>ООО «Соя-Север», Минск</i>																				
9822	Вилия	00п	47	137	104	74	i	с	14	3	12	1	138	38,9	21,3	ф	к	ж	к	
	Горынь	00п					i	с								ф	к	ж	к	
	Альфа	00					s									ф	с	ж	жгл	
9823	Белорусская 1	00п	45	138	85	86	s	о	12	2	6	1	143	39,4	19,6	б	к	ж	к	
9981	Ясельда	00с	49	130	100	72	s	к	12	2	5	4	157	38,1	21,2	ф	к	ж	ч	
9986	Ствиг	00п	46	137	107	82	s	о	12	1	2	2	177	37,8	20,5	ф	к	ж	к	
9983	Щара	00р	43	132	87	68	s	о	11	2	11	2	156	42,0	22,0	б	к	ж	к	
600086	Снежок	00р	44	124	94	66	i	п	12	2	8	2	147	38,5	19,7	б	с	ж	ж	
602977	Березина	00р	46	126	96	68	s	п	12	2	4	5	129	39,2	20,7	б	с	ж	жгл	у
600085	Северная звезда	00р	48	126	92	80	s	с	12	3	3	5	157	38,3	19,8	ф	к	ж	жгл	
	Припять	00с	42	128	104	65	s	о	11	1	8	2	157	43,3	19,6	ф	к	ж	ж	
	СН 1470-20-1	00п	46	138	114	91	i	с	14	3	5	1	146	39,6	19,3	б	к	ж	ж	
	СН 778-1	00п	46	134	108	78	i	с	13	3	12	1	155			ф	к	ж	ск	
	СН 23-42	000	41	119	90	62	i	к	11	1	9	5	173	40,3	21,4	ф	к	ж	ж	
	СН 23-94	00с	42	128	101	62	s	о	11	1	10	1	147	41,9	20,4	б	к	ж	ж	
	СН 36-74-1	00р	42	127	103	76	i	с	13	3	11	4	164	39,9	23,0	б	к	ж	жгл	
	СН 16-11	00п	45	136	82	62	fd	о	5	3	8	1	165	44,0		б	к	ж	ч	

Глава 9

ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА В КОМПАНИИ «СОЯ-СЕВЕР»

Селекция представляет собой комплексную область человеческой деятельности, сочетающую черты науки и технологии. Как научная дисциплина селекция растений изучает методы создания и улучшения сортов; как технология — пользуется определенными разработками и способами для производства определенной продукции в виде новых сортов (Гончаров, Гончаров, 1993). Сложность предмета селекции — сорта и многообразие стоящих перед селекционером задач определяют связи селекции с другими научными дисциплинами: генетикой, цитологией, морфологией, биохимией, физиологией, агрономией, микробиологией, энтомологией, статистикой, методикой полевых опытов. Селекция — весьма длительный процесс: от замысла до выхода нового сорта в сортоиспытание проходит при линейной селекции не менее 9—10 лет. Но это не значит, что новые сорта появляются лишь с такой частотой, ведь отлаженный селекционный процесс представляет своего рода конвейер, который каждый год способен выдавать селекционные линии — кандидаты в новые сорта. Все этапы этого конвейера, от первых до заключительных, функционируют одновременно.

В каждом селекцентре этот процесс имеет свои особенности, применительно к условиям и потребностям региона. В нашей компании структура селекционного процесса складывалась с 1980-х годов.

Коллекция исходного материала

Исходный материал для гибридизации накапливается и изучается в коллекционном питомнике. Здесь анализируются хозяйственно ценные признаки:

- урожайность,
- период вегетации и его составляющие,
- архитектура растений (тип роста, высота, ветвистость, строение куста),
- элементы продуктивности (количество узлов, бобов, их озерненность, крупность семян),
- показатели технологичности (устойчивость к полеганию, растрескиванию бобов, высота прикрепления нижних бобов),
- засухоустойчивость,
- устойчивость к заболеваниям,
- биохимические параметры качества зерна.

Для решения некоторых из этих задач мы сотрудничаем с Институтом микробиологии Национальной академии наук Беларуси, Украинским институтом растениеводства имени В.Я. Юрьева.

В целях изучения исходного материала проводятся эксперименты по фотопериодизму раннеспелых сортов сои, исследуется генетика этого явления. В сотрудничестве с лабораторией нехромосомной наследственности Института генетики и цитологии НАН Беларуси начаты работы по локализации одного из генов фотопериодизма методами молекулярной генетики.

Многолетние результаты изучения коллекции накапливаются в базе данных, спроектированной на основе Sybase для обеспечения нашего селекционного процесса. На основе поведения гибридного материала делаются выводы о селекционной ценности родительских сортообразцов. Ежегодно куратор коллекции подает предложения по вовлечению в работу нового исходного материала и исключению не оправдавших себя форм.

Гибридизация

Гибридизация проводится летом в стеклянной неотапливаемой теплице. Родительские формы высеваются в два срока с интервалом в две недели в пластмассовые 8-литровые сосуды, заполненные смесью торфа и суглинистой почвы, по четыре растения в сосуд. Такая методика устраняет зависимость скрещиваний от погодных условий, дает возможность совмещать сроки цветения задействованных сортов, предоставляет удобство для манипуляций с растениями.

Цветок материнской формы вскрывается пинцетом со стороны паруса, так что рыльце оказывается обращенным к наблюдателю. Лепестки и чашелистики не удаляем, тычинки удаляем частично, не ставя цель произвести полную кастрацию. Обычно опыляем 2—3 цветка в узле. Самоопылившиеся и не готовые к опылению цветки удаляем. По возможности удаляем и цветки в соседних узлах для стимуляции перераспределения ассимилятов в пользу гибридных бобов. Опыленный и проэтикетированный узел изолируется листочком на 5 суток для создания влажной камеры.

Обычно в гибридной комбинации опыляется около 20 цветков, средний выход гибридов составляет в наших условиях около восьми растений. Лучшие завязываемость и выход гибридов наблюдаются при клейстогамном цветении, к чему в теплице более склонны раннеспелые сорта, а также при опылении цветков в верхних узлах.

Растения F_1 выращиваются также летом в стеклянном боксе, что позволяет увеличить коэффициент размножения до 100—150.

Селекционный процесс

Селекционные посевы сои компания размещает на полях Лунинецкого ГСУ (Брестская область). 3—3,5 гектара ежегодно занято под селекцию, остальная часть 10-гектарного поля — под первичное семеноводство (ПИП-1, ПИП-2, РННС). Ежегодно анализируется 50—70 гибридных комбинаций.

Климатические условия нашей страны создают достаточно жесткое давление естественного отбора по таким показателям, как сумма активных температур или фотопериодическая чувствительность. Поскольку коэффициент размножения в поле для раннеспелых сортов довольно невысок, то использование в ранних поколениях методики отбора одного боба с растения было бы неоправданным. Работа по схеме педигри со второго поколения может несколько сократить длительность селекционного процесса, но ведет к большим затратам сил и средств, к тому же отбор на продуктивность в F_2 считают малоэффективным (Бороевич, 1984). Поэтому в питомниках размножения гибридов F_2 - F_3 осуществляем массовый отбор. Посев гибридных популяций F_2 - F_4 выполняется селекционной сеялкой СН-10Ц, которая агрегируется с трактором типа Т-25; обмолот материала F_2 - F_3 производится с помощью сноповой молотилки МПСУ-500.

Элитные растения отбираются в F_4 , в это время размер гибридной популяции составляет 800—3000 растений. Питомник отбора элитных растений разделен на два участка, один из которых размещен в г. Несвиже Минской области на землях Белорусской зональной опытной станции по сахарной свекле. Эта более прохладная точка, расположенная примерно на сто километров севернее, используется для отбора на раннеспелость.

Селекционный питомник 1-го года (СП-1) (F_5) включает 6000—8000 линий в формате однорядковых делянок. Их посев и уборка производятся вручную, обмолот снопов — с помощью молотилки отдельных растений МЗБ-1. Селекционный питомник 2-го года (СП-2) (F_6) включает 250—300 линий в трех повторностях с площадью делянки 3 м². Стандарты в СП-1 и СП-2 размещаются через каждые десять и восемь делянок соответственно.

В предварительное сортоиспытание (ПСИ) поступают около 40 линий, в конкурсное (КСИ) — около 15; формат ПСИ и КСИ — четыре рендомизированные повторности с учетной площадью делянки 9 и 25 м² соответственно. Посев СП-2, ПСИ и КСИ осуществляется также сеялкой СН-10Ц, а их уборка — селекционным комбайном Nege 125.

КСИ размещено в двух точках (Лунинецкий ГСУ, Несвиж), на супесчаной и суглинистой почвах. В конкурсное сортоиспытание включаются два стандарта, приведение показателей селекционных линий к стандартам осуществляется по схеме дисперсионного анализа Anova с помощью пакета программ для компьютерной обработки данных полевых опытов Field, разработанного Б.Ю. Анощенко (Институт генетики и цитологии НАН Беларуси). Лучшие линии испытываются в КСИ два и более лет, после чего передаются в Госсортоиспытание. Параллельно разворачивается их семеноводство в виде РННС (размножение нового нерайонированного сорта). Уборка ПИП-2 и РННС производится с помощью комбайна Samro 500.

На всех этапах селекционного процесса осуществляется контроль однородности материала по основным визуально оцениваемым признакам.

Глава 10

СОРТА СОИ ДЛЯ БЕЛАРУСИ

(внесенные в Государственный реестр сортов
и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь
и находящиеся в Госсортоиспытании)

Вилия

Сорт сои Вилия создан в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси совместно с В.И. Сичкарем (Селекционно-генетический институт, г. Одесса, Украина) и Республиканской станцией юных натуралистов путем индивидуального отбора из F₅ гибридной комбинации Fiskeby IV / Harosoy. Районирован по Брестской и Гомельской областям с 1995 года.

Урожайность сорта Вилия выше, чем стандартного сорта Ясельда, на 7% при созревании на 5—7 дней позже. Предназначен для возделывания в климатической зоне с суммой активных температур около 2500°C. Недостатками являются склонность к полеганию и низкое расположение бобов (доля бобов ниже 15 см 8—12%). Устойчив к осыпанию зерна.

Содержание белка в зерне 39—40%, масла — 20—21%.

Окраска цветков и гипокотили фиолетовая. Опушение коричневое. Тип роста индетерминантный, высота растения 80—110 см. Куст сжатый. Семена желтые с коричневым рубчиком, масса 1000 семян 130—140 г.

Ясельда

Сорт сои Ясельда (фото 17) создан в компании «Соя-Север» совместно с В.Г. Михайловым (Украинский институт земледелия, г. Киев) путем индивидуального отбора из F₅

гибридной комбинации Чайка (Украина) / Szwedska 4-75. Сорт районирован в Беларуси по Гомельской, Брестской, Минской и Гродненской областям с 1998 года и на сегодняшний день является основным производственным сортом и стандартом в Госсортоиспытании Беларуси. Включен в Национальный каталог сортов Великобритании под коммерческим названием Northern Conquest. С 2002 года зарегистрирован в Киргизии, с 2004 года — в России по 5-й (Центрально-черноземной) зоне. Показал хорошие результаты по двум годам испытаний в Польше.

Средняя урожайность сорта на Кобринской государственной сортоиспытательной станции за 1999—2001 годы составила 28,2 ц/га. Сорт Ясельда предназначен для возделывания в климатической зоне с суммой активных температур (выше 10°C) около 2400°C, до 52—53° северной широты. На территории Беларуси созревает в середине — конце сентября. Относительно устойчив к бактериальному ожогу. При перестое в жаркую погоду возможно растрескивание зрелых бобов с осыпанием зерна. Доля бобов ниже 15 см (этот показатель оценивает возможные потери при уборке) составляет не более 4%.

Содержание белка в зерне 38—39%, масла — 21—22%. Сорт характеризуется повышенным содержанием водорастворимой фракции белка — 88,3% (Давыденко и др., 2004).

Окраска цветков и гипокотили фиолетовая. Опушение коричневого. Тип роста полудетерминантный, куст канделябробразный, высота растения 60—80 см. Семена (фото 18) желтые с черным рубчиком, масса 1000 семян 140—160 г.

Ствига

Сорт сои Ствига создан в компании «Соя-Север» путем индивидуального отбора из F₆ гибридной комбинации Белорусская 1 / МК-1 (Амурская 404). Включен в Госреестр Беларуси по Брестской области с 2002 года.

Сорт Ствига по урожайности превышает сорт Ясельда на 7% при созревании на 4—5 дней позже. Предназначен для возделывания в климатической зоне с суммой активных тем-

ператур около 2500°C. Относительно устойчив к бактериальному ожогу и осыпанию зерна, устойчив к полеганию. Доля бобов ниже 15 см составляет не более 2%.

Содержание белка в зерне 39–40%, масла — 20–21%.

Окраска цветков и гипокотили фиолетовая. Опушение коричневого. Тип роста полудетерминантный, высота растения 70–90 см. Ветвление ограниченное (растение одностебельное). Семена желтые с коричневым рубчиком, масса 1000 семян 160–180 г.

Устя

Сорт сои Устя создан в Украинском институте земледелия путем отбора из гибридной комбинации Белоснежка / Жемчужная. Включен в Госреестр Беларуси по Гомельской и Минской областям с 2002 года.

Сорт Устя равен сорту Ясельда по урожайности, а в условиях умеренной засухи превосходит стандарт на 20% при одновременном созревании. Предназначен для возделывания в климатической зоне с суммой активных температур около 2400°C. Устойчив к осыпанию зерна и полеганию. Недостатком является низкое прикрепление бобов: доля бобов ниже 15 см составляет 8–12%.

Содержание белка в зерне 40–41%, масла — 20–21%.

Окраска цветков и гипокотили фиолетовая. Опушение коричневого. Тип роста полудетерминантный, высота растения 60–70 см. Ветвление ограниченное (растение одностебельное). Семена желтые с коричневым рубчиком, масса 1000 семян 160–180 г.

Березина

Сорт сои Березина создан в компании «Соя-Север» путем индивидуального отбора из F₄ гибридной комбинации LF-19 (Польша) / 4346-1-84 (Украина). Включен в Госреестр Беларуси по Брестской, Гомельской, Гродненской и Минской областям с 2004 года.

Урожайность сорта составляет 97% урожайности стандарт-

ного сорта Ясельда при созревании на 7–10 дней раньше. Предназначен для возделывания в климатической зоне с суммой активных температур 2200–2300°C. Относительно устойчив к бактериальному ожогу и полеганию, неустойчив к осыпанию зерна. Доля бобов ниже 15 см составляет не более чем 2% (фото 20).

Содержание белка в зерне 39%, масла — 20%.

Окраска цветков белая, гипокотилия — зеленая. Опушение серое. Листочек ланцетовидный (узкий). Тип роста полудетерминантный, куст полусжатый, высота растения 60–80 см. Семена светло-желтые, рубчик желтый с глазком, масса 1000 семян 110–130 г.

Припять

Сорт сои Припять (фото 17) создан в компании «Соя-Север» путем индивидуального отбора из F₄ гибридной комбинации LF-19 (Польша) // Б-0006 (Беларусь) / Линия 12 (Нидерланды). В настоящее время находится в Госсортоиспытании.

Сорт Припять превышает стандартный сорт Ясельда по урожайности на 4%, а на фоне умеренной засухи во второй половине лета — на 20% при созревании на 1–2 дня раньше. Предназначен для возделывания в климатической зоне с суммой активных температур около 2400°C. Сорт устойчив к полеганию и осыпанию зерна. Относительно устойчив к бактериальному ожогу. Доля бобов ниже 15 см составляет не более чем 8%.

Отличается повышенным содержанием белка в зерне (43–44%) и водорастворимой фракции белка (87,9%). Масла содержит 19–20%. Таким образом, сорт Припять наиболее пригоден для пищевой переработки (Давыденко и др., 2004).

Окраска цветков и гипокотилия фиолетовая. Опушение коричневое. Тип роста полудетерминантный, высота растения 60–70 см. Ветвление ограниченное. Семена (фото 18) желтые с желтым рубчиком, масса 1000 семян 150–170 г.

Снежок

Сорт сои Снежок создан в компании «Соя-Север» путем индивидуального отбора из F₅ гибридной комбинации Gieso / Comet. Зарегистрирован в Канаде под названием Snowflake как сорт пищевого направления. В настоящее время находится в Госсортоиспытании.

Сорт уступает стандарту по урожайности на 5% при созревании на 7—9 дней раньше. Предназначен для возделывания в климатической зоне с суммой активных температур около 2300°C. Относительно устойчив к бактериальному ожогу, устойчив к полеганию. Доля бобов ниже 15 см составляет не более чем 5%.

Содержание белка в зерне 39—40%, масла — 19—20%.

Окраска цветков белая, гипокотили — зеленая. Опушение серое. Тип роста индетерминантный, куст полусжатый, высота растения 60—80 см. Семена светло-желтые с желтым рубчиком, масса 1000 семян 140—160 г.

Северная звезда

Сорт сои Северная звезда создан в компании «Соя-Север» путем индивидуального отбора из F₄ гибридной комбинации Toshi dai 7910 (Япония) / Линия 2 (ВИР, Россия). В настоящее время находится в Госсортоиспытании.

Сорт уступает стандартному сорту Ясельда по урожайности на 8% при созревании на 4 дня раньше. Предназначен для возделывания в климатической зоне с суммой активных температур около 2300°C. Доля бобов ниже 15 см составляет не более 2%. При возделывании в условиях высокого агрофона возможно полегание.

Окраска цветков и гипокотили фиолетовая. Опушение коричневое. Тип роста полудетерминантный, куст сжатый, высота растения 70—90 см. Семена желтые, рубчик желтый с глазком, масса 1000 семян 140—160 г.

Содержание белка в зерне 38—39%, масла — 19—20%.

Т а б л и ц а 10.1

**Урожайность сои в Госсортоиспытании
на сортоиспытательных станциях и сортоучастках Беларуси
за 2001—2003 годы (Результаты испытания сортов..., 2003)**

ГСС, ГСУ	Урожайность по годам, ц/га			Средняя за 2001—2003 годы
	2001	2002	2003	
Кобринская ГСС	27,0	27,9	12,9	22,6
Лунинецкий ГСУ		10,0	20,3	15,2
Мозырская ГСС	5,6	20,1	27,1	17,6
Турская ГСС	18,4	17,9		18,2
Несвижская ГСС	16,7	13,4	24,0	18,3
Волковысский ГСУ	13,4	12,8	12,5	12,9
Средняя	16,2	17,0	19,4	17,5

Т а б л и ц а 10.2

**Урожайность сортов сои
на Кобринской государственной сортоиспытательной станции
за 1999—2003 годы (Результаты испытания сортов..., 2001, 2003)**

Сорт	Урожайность зерна по годам, ц/га					Отклоне- ние от стандарта, %	Средний период ве- гетации, сут
	1999	2000	2001	2002	2003		
Ясельда (стандарт)	27,2	29,3	28,2	29,7	10,6		132
Ствиг	31,3	26,5	32,9			+7	141
Березина		29,0	28,9	28,6	12,6	-1	118
Снежок			26,9	28,1	13,5	0	116
Северная звезда			23,3	25,9	10,6	-13	132
Припять					14,3	+35	124
Устя (Украина)	36,2	25,5	22,6			0	136
Ланцетная (Россия)				29,6	15,5	+7	109
Тимпурия (Молдова)		28,6	26,4	27,6		-5	138

Т а б л и ц а 10.3

**Урожайность сортов сои селекции компании «Соя-Север»
в Госсортоиспытании Российской Федерации
по 5-й (Центрально-черноземной) почвенно-климатической зоне
в 2003 году**

Область	Сорт	Период вегетации, сут	Отклоне- ние от стандар- та, сут	Урожай- ность, ц/га	Отклоне- ние от стандар- та, %	Высота прикрепле- ния нижнего боба, см
Курская	Ясельда	110	- 2	18,0	+ 0,1	17,5
	Березина	102	- 10	18,5	+ 0,5	19,0
Липецкая	Ясельда	97	- 12	13,8	+ 0,1	16,6
	Березина	97	- 12	14,8	- 0,9	14,5
Орловская	Ясельда	108	+ 10	20,3	+ 3,3	17,5
	Березина	106	+ 8	19,1	+ 2,1	17,0
Тамбовская	Ясельда	115	- 3	11,9	+ 0,5	13,8
	Березина	112	- 6	12,0	+ 0,6	11,8

В 2002 – 2003 годах сорта Ясельда и Березина находились в сортоиспытании Украины (Полесская и Лесостепная зоны) и России (Центрально-черноземная зона). Некоторые его результаты приведены в таблице 10.3. При испытании в Польше в 2002 году сорт Ясельда дал прибавку к стандарту (Polan) 25%, а сорт Припять в 2003 году на фоне сильной засухи – 71% к среднему стандарту (Aldana, Nawiko).

Глава 11

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Размещение в севообороте

Размещать посевы сои необходимо на плодородных супесчаных, легких суглинистых или пойменных почвах. В севообороте для сои следует подбирать наиболее чистые от сорняков поля. Лучшими предшественниками для нее являются озимые и яровые зерновые, картофель, сахарная свекла, кукуруза, однолетние травы. На легких почвах сою можно сеять после пропашных предшественников, под которые вносились органические удобрения. Не следует размещать сою после бобовых культур и подсолнечника из-за наличия общих заболеваний, таких как белая гниль (склеротиниоз) и некоторые другие, а также вблизи многолетних бобовых трав ввиду опасности миграции на посевы вредителей. Не рекомендуется размещение сои после кукурузы, на посевах которой применялись гербициды симазин или атразин.

Соя — лучший предшественник для яровых зерновых. В связи с поздним созреванием сои не следует размещать ее на участке, где предполагается посев озимых культур.

Обработка почвы и удобрения

Основная обработка почвы под сою направлена на максимальное очищение поля от сорняков, создание рыхлой комковатой структуры, заделку растительных остатков и удобрений. Особое внимание следует обратить на выравнивание поверхности.

Лущение стерни, по возможности двукратное, осуществляют сразу после уборки зерновых, что создает условия для сохранения влаги и провоцирует прорастание сорняков, уничтожаемых последующей вспашкой. Вспашка зяби должна быть глубокой (20—25 см) на полях, засоренных многолетними сорняками, и на переуплотненных тяжелых и слабоструктурных почвах.

Под зяблевую вспашку вносят 40—60 кг фосфора, 60—80 кг калия по действующему веществу (д.в.) на гектар в зависимости от результатов почвенных тестов. Весной под культивацию вносится 30—40 кг азота по д.в./га; избыток азота ведет к угнетению деятельности клубеньковых бактерий. На плодородных пойменных почвах вносят не более 20 кг азота во избежание полегания. В качестве источника серы при содержании менее 11 мг/кг этого элемента целесообразно внесение фосфогипса (20—25% д.в.) из расчета 500 кг/га.

Оптимум pH для сои составляет 6,5. На щелочные почвы с $\text{pH} > 8,0$ и на кислые почвы с $\text{pH} < 5,0$ соя реагирует отрицательно, поэтому последние необходимо известковать. Желательно известкование за 1—2 года до посева сои.

Непосредственно под сою, как и под прочие культуры, возделываемые на зерно, органические удобрения не вносят во избежание чрезмерного развития вегетативной массы, полегания и затягивания созревания. Поэтому рекомендуется размещение сои второй-третьей культурой после внесения органики.

Для лучшего очищения поля от сорняков и выравнивания поверхности применяют культивацию с боронованием. Лучше всего проводить предпосевную обработку комбинированными почвообрабатывающими агрегатами типа АКШ, которые наряду с рыхлением почвы хорошо выравнивают поверхность поля.

Посев и предпосевная обработка семян

При наличии семенных инфекций семена протравливают *фундазолом* 50% с.п. (смачивающийся порошок) с нормой расхода 3 кг/т. В отличие от других аналогичных препара-

тов фундазол меньше ингибирует действие азотфиксирующих бактерий.

В связи с тем что в почвах Беларуси не содержатся симбиотические клубеньковые бактерии *Rhizobium japonicum*, внесение бактериальных препаратов обязательно. Наиболее эффективными являются препараты на основе торфа (ризоторфин).

В день посева семена обрабатывают (инокулируют) ризоторфином из расчета 400 г на гектарную порцию семян, разводя это количество ризоторфина в 1 л воды. Не допускается воздействие прямых солнечных лучей на ризоторфин и обработанные им семена, поэтому инокуляцию проводят под навесом или в складе, а транспортируют семена в мешках или закрытых машинах. Эффективно, особенно для почв с $pH < 6,0$, припосевное внесение молибдена, обычно в виде молибденовокислого аммония (35 г/га), так как молибден в кислых почвах труднодоступен для растений.

Посев производится при прогреве почвы на глубине 10 см до температуры $+10^{\circ}C$, что обычно соответствует на юге страны периоду с 25 апреля по 10 мая. Для посева используется сеялка СО-4,2 с дисковыми сошниками.

При широкорядном посеве с шириной междурядий 45 см оптимальная плотность стеблестоя сортов сои, рекомендованных к возделыванию в Беларуси, составляет 40–50 растений на квадратный метр (400–500 тыс. раст./га). Так, при всхожести 90% и массе 1000 семян 150 г гектарная норма высева, исходя из целевой плотности 400 тыс. раст./га, составит

$$400 \times 0,15 : 0,9 = 67 \text{ (кг)}.$$

Однако следует принять во внимание, что в зависимости от погодных условий полевая всхожесть сои часто составляет 70–80% от лабораторной, поэтому фактически нужно высеять

$$67 : 0,7 = 95 \text{ (кг)}.$$

Возможно выращивание сои в сплошных посевах с шириной междурядий 12–15 см. Однако эта технология рекомендуется лишь в хозяйствах с высокой культурой земледелия,

минимальной засоренностью и высоким плодородием полей. Для посева используют сеялку СПУ-6. Необходимо обратить особое внимание на химическую защиту посевов от сорняков и тщательно провести весь комплекс мероприятий по предпосевной обработке почвы, поскольку будет исключена механическая обработка междурядий. Ввиду более равномерного размещения растений и увеличения эффективности утилизации солнечной энергии в сплошном посеве допускается загущение стеблестоя до 600 тыс. раст./га.

Глубина заделки семян на почвах среднего механического состава 3 см, на легких — до 5 см в зависимости от влагообеспеченности поверхностного слоя. В случае дефицита влаги рекомендуется послепосевное прикатывание.

Гербициды

Как и многие другие бобовые, соя характеризуется низкими начальными темпами роста, результатом чего является ее слабая конкурентоспособность по отношению к сорнякам. По этой причине вплоть до смыкания листового полога в июле агротехнические и химические приемы борьбы с сорняками имеют первостепенное значение. Ниже приводим наиболее распространенные гербициды для сои.

Зенкор 70% с.п. с нормой расхода 0,8—0,9 кг/га (д.в. — метрибузин). Довсходовый гербицид широкого спектра действия. Малоэффективен против однодольных, например куриного проса. Поверхностная пленка, образуемая гербицидом, не должна разрушаться механическими обработками. В случае недостаточной влажности поверхностного слоя при внесении зенкора эффективность его действия повышается прикатыванием. В местах мелкой заделки семян и контакта с гербицидом возможно возникновение несистемных ожогов, проявляющихся с фазы примордиальных листьев. Следует принять во внимание, что некоторые сорта старой селекции обладают чувствительностью к зенкору.

Пивот 10% в.к. (водный концентрат) с нормой расхода 0,7—1 л/га (д.в. — имазетапир). Гербицид широкого спектра действия, может применяться как до всходов, так и по-

сле всходов сои до фазы 2—3 тройчатых листьев. Обладает достаточно длительным сдерживающим действием. В год применения этого гербицида после сои рекомендуется высевать озимую пшеницу, на следующий год — зерновые и кукурузу, через два года — любые культуры.

Трефлан 24% к.э. (концентрат эмульсии) (д.в. — трифлуралин, аналоги — *олитреф*, *нитран*) с нормой расхода 4—6 л/га. Предпосевной гербицид широкого спектра действия, вносится за 7—8 суток до посева с немедленной заделкой в почву (не допускается разрыв между внесением и заделкой более 15 минут). Сдерживающее действие менее длительное, чем у предыдущих гербицидов.

Гезагард 50% с.п., норма расхода 3—5 кг/га (д.в. — прометрин). Довсходовый гербицид широкого спектра действия. Малоэффективен против однодольных.

Харнес 90% к.э., норма расхода 1—2 л/га (д.в. — ацетохлор). Довсходовый гербицид широкого спектра действия. Эффективен при достаточной влажности почвы. Обладает длительным сдерживающим действием, но часто угнетает развитие и вызывает ожоги сои, особенно на почвах с невысоким содержанием органических веществ. Более мягким аналогом харнеса является *трофи* 90% к.э.

В случае появления второй волны сорняков применяют послевсходовые гербициды.

Базагран 48% в.р. (водный раствор), норма расхода 2—3 л/га (д.в. — бентазон). Эффективен против двудольных сорняков в стадии 1—3 тройчатых листьев культуры. Для обеспечения лучшего контакта препарата с листовой поверхностью рекомендуется использование прилипателей (детергентов).

Фюзелад-супер 12,5% к.э., норма расхода 1—1,5 л/га, или *Тарга-супер* 5% к.э., норма расхода — 1—2 л/га. Эффективен против однодольных, включая многолетние.

Уход за посевами

При широкорядном посеве проводят междурядную обработку культиватором КРН с набором лап-бритв или культиватором КФ на глубину 6—8 см по мере появления сорняков

до смыкания полога. Культивация не проводится, пока сохраняется действие почвенных гербицидов.

В фазе бутонизации — начала цветения (конец июня) осуществляют некорневую подкормку посевов мочевиной из расчета 5—10 кг д.в./га с расходом 250—300 л/га раствора. (К этому времени интенсивность симбиотической азот-фиксации падает, в то время как соя особенно нуждается в азоте для формирования урожая зерна. Кроме того, дефицит азота снижает устойчивость растений к засухе.) С этим мероприятием совмещают внесение бора в виде 0,05%-ной борной кислоты для снижения абортивности бобов. Подкормку посевов проводят в утренние или вечерние часы с целью предотвращения солнечных ожогов. Для лучшего распределения капель аэрозоля по листовой поверхности используют прилипатель.

В случае массового поражения посевов бактериальными или грибковыми заболеваниями рекомендуется обработка *фундазолом* 50% с.п. (д.в. — беномил) с нормой расхода препарата 3 кг/га.

В жаркие засушливые годы возможно распространение на посевах паутинного клеща, что требует применения акарицидов.

Уборка

К уборке сои, которая осуществляется прямым комбайнированием, приступают, когда соя полностью сбрасывает листья, бобы становятся сухими и приобретают бурую окраску, а семена в них при встряхивании шуршат. Особенно необходима своевременная уборка семенных посевов, поскольку при перестое на корню семена теряют всхожесть в среднем на 1% в сутки. Перестой сортов, неустойчивых к растрескиванию бобов, может повлечь существенные потери урожая.

Поскольку обычно от 2 до 12% (чаще 5—6%) бобов у сои прикрепляется ниже уровня 15 см, то с целью сведения потерь к минимуму жатка устанавливается на самый низкий срез. Прочие регулировки комбайна: обороты мотовила ми-

нимальные, зазор на входе 20—24 мм, на выходе 10—12 мм, обороты барабана 600—650 об/мин, вентилятора — 650—700 об/мин; углы открытия жалюзи решет: верхнего 35—40°, нижнего 30—35° (для зерновых 15—20° и 22—30° соответственно). Для снижения потерь зерна при прохождении через молотильный аппарат обязательно наличие отражательного фартука впереди соломотряса.

После уборки производится немедленная предварительная очистка зерна на ОВС-25. Решета Б1 7—8 мм, Б2 8—9 мм, В1 2,5—3,5 мм, В2 3,5—4 мм.

Сушка, доработка и хранение семян и зерна

Сушка семян проводится на сушилках активного вентилирования. Высота слоя семян не должна превышать 60 см. Температура теплоносителя при начальной влажности менее 20% должна составлять не более 35°C, а при влажности 25—30% — не более 30°C, поскольку из-за высокого содержания белка семена очень чувствительны к температурным воздействиям. Во избежание разрывов кожуры семян при неравномерном высыхании ступенчатое повышение температуры не должно превышать 10°C от температуры семян или наружного воздуха. Влажность семян доводится до 13—14%. При сушке семян с повышенной влажностью после 4—6 ч сушки делают перерыв на 2—3 ч.

Зерно, предназначенное для переработки или фуражных целей, сушат на шахтных или барабанных сушилках при температуре теплоносителя на 10—20°C выше, чем температура сушки в семенном режиме.

Окончательная доработка проводится на машинах типа Петкус-Гигант К-531 или ОС-4,5. Размер решета В2 при очистке семенного материала 4—4,5 мм, зерна — 3—3,5 мм.

Хранение семян сои, упакованных в мешки, осуществляется в складах на поддонах. Штабелирование мешков с семенами не должно превышать 5 ярусов в высоту во избежание механических повреждений семян.

Глава 12

БЕЛОРУССКАЯ СОЯ НА ПОЛЯХ АНГЛИИ

Так же как и в других странах, интерес к сое в Англии то вспыхивал, то угасал. В начале 70-х годов XX века в этой стране пытались внедрить ультрараннеспелые шведские сорта. Однако, несмотря на проведение достаточного числа не только мелкоделяночных опытов, но и производственных испытаний, эти сорта не прижились на полях английских фермеров. Основными их недостатками были низкорослость и невысокое прикрепление большей части бобов, что приводило к слишком большим потерям при механизированной уборке.

В январе 1992 года один из авторов этой книги, О.Г. Давыденко, был приглашен профессором Деннисом Бейкером на семинар в Уай Колледж (Wye College). Это одно из старейших сельскохозяйственных учебных заведений Англии с более чем 400-летней историей в то время было частью Лондонского университета, выполняя роль его сельскохозяйственного факультета. Рассказ о сортах сои белорусской селекции очень заинтересовал английских коллег, и они попросили выслать семена наших сортов для испытания. Уже мелкоделяночные опыты 1992 года показали хороший биологический потенциал наших сортообразцов. В 1993 году между компанией «Соя-Север» и Уай Колледжем был подписан договор о сотрудничестве и начались более масштабные агрономические исследования белорусских сортов (Willmott et al., 1999; O'Dell et al., 2000). Позже по материалам этих исследований аспирант колледжа Алекс О'Делл защитил диссертацию.

В 1994 году для оказания помощи в становлении новых рыночных отношений в нашей стране английская организа-

ция BESO (British Executive Service Overseas) прислала в компанию «Соя-Север» двух английских консультантов. В их задачи входило обучение руководства компании стратегии и организации эффективной экономической деятельности, а также консультирование персонала по вопросам организации селекционного процесса, правилам продажи семян на европейских и мировых рынках. Вопреки расхожему мнению об англичанах как о людях сухих и сдержанных они оказались радушными и сердечными. Обучение продолжалось еще несколько лет уже после выполнения англичанами своей миссии, а отношения с одним из них — Колином Лики даже переросли в настоящую дружбу.

Уже во время первого визита консультанты были приятно удивлены, что сотрудники компании «Соя-Север» хорошо знакомы с мировой литературой по селекции и что наши сорта уже испытываются в Англии. Колин Лики, сам селекционер, создавший несколько сортов фасоли для Великобритании и Франции и в молодые годы участвовавший в создании сортов сои для экваториальной Африки, хорошо понимал наши проблемы и активно пропагандировал белорусские сорта в Европе. В 1995 году он на своем поле посеял несколько гектаров наших сортов сои. Осенью на эти поля были приглашены журналисты, представители бизнеса, заместитель министра сельского хозяйства Великобритании и даже посол Беларуси. Интересно, что тогдашний министр сельского хозяйства Беларуси Василий Севастьянович Леонов узнал о белорусской сое от посла Великобритании и, посетив после этого несколько полей сои в Беларуси, был приятно удивлен сформированным на них урожаем.

Именно Колин Лики оказал содействие в заключении между компанией «Соя-Север» и английской компанией Robin Appel Ltd. договора об использовании белорусских сортов.

В 1996—1998 годах в Англии был испытан ряд сортовобразцов белорусской селекции, из которых лучшую урожайность показал наш основной производственный сорт Ясельда. В условиях прохладного лета в Англии он вызревал за 135—140 дней, т.е. за более продолжительное время, нежели на юге Беларуси, где его период вегетации составляет 116—

130 дней. Однако теплый сентябрь, характерный для Британских островов, а также мягкая, обычно без заморозков осень способствуют устойчивому вызреванию сои и получению стабильных урожаев. Плодородные суглинки южной Англии и высокая культура земледелия английских фермеров позволили получить высокие урожаи зерна. Так, уже в первые годы урожаи в 25 ц/га не были редкостью, а максимальный достигнутый в производственном посеве результат равнялся 33 ц/га. После двухлетних испытаний сорт Ясельда был включен в Каталог сортов растений Евросоюза с датой приоритета 2 августа 1999 г. (решение № 4485). В системе Госсортоиспытания Великобритании он был принят в качестве стандарта вместе с канадским сортом Gentleman.

Одновременно с первыми производственными опытами наши сорта изучались в Уай Колледже. Специалисты этого научного учреждения совместно с агрономами компании Robin Appel исследовали оптимальные сроки сева и фотопериодизм сорта Ясельда (O'Dell et al., 2000), плотность стеблестоя и ширину междурядий (Willmott et al., 1999). В последней работе, в частности, было показано незначительное влияние ширины междурядий (45, 36 и 18 см) на урожайность, а также определены оптимальные сроки сева (начало мая) и плотность популяции (50–60 раст./м²) для условий Англии. В основном в английской практике возделывания сои все же получил распространение сплошной посев с междурядьями 12 см. Этот способ уменьшал конкуренцию растений в ряду, следствием чего было лучшее ветвление и скорейшее смыкание листового полога, что благоприятно сказывалось на конкурентоспособности культуры с сорными растениями. Более равномерное размещение растений на площади позволяло загустить стеблестой до 60 раст./м². Конечно, такая технология возделывания предусматривает эффективное применение гербицидов, поскольку исключает возможность проведения междурядных культиваций.

Более позднеспелые сорта с большим потенциалом урожайности, такие как Ствиг (нашей селекции), Киевская 27 и Чернятка (селекции Украинского НИИ земледелия), хотя и давали в некоторые годы прибавки урожайности в сортоис-

пытании, тем не менее оказались невостребованными в Англии. Дело в том, что уборка Ясельды обычно приходилась на начало октября, после чего фермеры сразу же готовили почву и сеяли озимую пшеницу. Поскольку первая декада октября является крайним сроком для сева озимой пшеницы, английские партнеры высказали пожелание иметь еще более раннеспелый сорт с той же урожайностью.

В это время (2000–2001 годы) в нашем конкурсном испытании находились две перспективные линии, которым впоследствии были присвоены наименования Березина и Северная звезда. Первая в условиях Брестской области вызрела на 7–9 дней раньше Ясельды, за 107–120 суток, уступая ей по урожайности всего на 3%, вторая — на 4–5 дней раньше. Их мы и передали для испытания в Англию. К нашему удивлению, оказалось, что Березина в Англии вызрела не раньше Ясельды, давая невысокие урожаи. Впрочем, сходная картина наблюдалась при возделывании этого сорта в средней Беларуси, т.е. на 200 км севернее основной зоны. Хотя этот сорт является нейтральным к продолжительности дня, однако обладает светлым опушением, которое в условиях прохладной и пасмурной погоды оказывает физиологический эффект на вегетацию за счет отражения солнечной радиации (Morrison et al., 1997). Что касается сорта Северная звезда, то на тяжелых почвах Англии он проявил выраженную склонность к полеганию. Таким образом, оба они оказались неперспективными для условий Великобритании.

В 2002 году мы передали для испытания новый сорт Припять, отличающийся повышенным содержанием белка в зерне. В первый год испытания он выделился по урожайности, превзойдя стандарт и остальные сорта различного происхождения (табл. 12.1).

С 1996 года площади под белорусскими сортами сои в Великобритании постепенно возрастали, стабилизовавшись к 2001 году на уровне около 2500 гектаров. Кроме того, там возделывались сорта украинской селекции, маркетинг которых осуществляла компания Morrison Seeds, а также канадский Gentleman. Экспорт семян высоких репродукций сорта Ясельда и партий новых сортов для производственных испытаний

Т а б л и ц а 12.1

Результаты сортоиспытания сои в Кембридже, 2002 год

Сорт	Происхождение	Урожайность, т/га	Период вегетации, сут	Высота, см	Устойчивость к полеганию по 9-балльной системе, балл
Ясельда (стандарт)	Беларусь	2,48	142	82	6
Припяць	Украина	2,59	141	72	8
Устя		2,22	142	77	9
Елена		2,00	141	75	8
Киевская 98		2,21	148	81	9
Progres	Польша	1,84	136	58	8
Aldana		1,76	141	73	9

к указанному времени достиг 70 тонн в год. К 2002 году благодаря развернутой собственной системе семеноводства наши партнеры перестали нуждаться в столь значительных поставках питомников размножения.

Интерес английских фермеров к сое объясняется не только потребностями в качественном растительном белке для животноводческой отрасли, но и необходимостью введения зернобобовой культуры в севообороты, насыщенные пшеницей (break crop). Кроме того, в условиях трехлетнего моратория, объявленного Евросоюзом на производство генетически модифицированной растениеводческой продукции, белорусские сорта, созданные методами классической селекции, смогли найти свое место на английском рынке. Немаловажными оказались также технологические особенности этих сортов, а именно высокое прикрепление нижних бобов, которому в нашем селекционном процессе уделялось достаточно большое внимание: так, у сорта Ясельда доля бобов, расположенных ниже уровня 15 см, не превышает 4%, у сортов Березина и Северная звезда — 2%. По этому показателю оценивают возможные потери урожая при уборке сои комбайнами с широкой жаткой, которая не всегда точно копирует микрорельеф почвы.

В сравнении с другими зернобобовыми и масличными культурами соя в Англии имела некоторое преимущество в начале 2000-х годов по рентабельности возделывания. Согласно выкладкам компании Robin Appel Ltd., она превосходила в этом отношении горох, рапс и масличный лен (табл. 12.2).

Значительные площади в восточной Англии занимают осушенные болота. Обширная низменность, напоминающая Белорусское Полесье и также расположенная около 53° с.ш., была осушена еще в середине XIX века. В 2001 году, находясь в деловой поездке в Англии, авторы этой книги знакомились с опытом хозяйствования, в том числе и на осушенных землях. Оказалось, что за прошедшие полтора столетия мощность торфяного горизонта на мелиорированных болотах сельскохозяйственного использования существенно не изменилась. В то же время известно, что за несколько десятилетий освоения осушенных торфяников в Беларуси слой торфа оказался в ряде случаев полностью минерализованным. Основные причины этого — чрезмерное увлечение про-

Т а б л и ц а 12.2

Рентабельность возделывания зернобобовых и масличных культур в Англии на 2002 год (данные компании Robin Appel Ltd.)

Показатели	Горох	Озимый рапс	Яровой рапс	Масличный лен	Соя
Планируемый урожай, т/га	4,375	3,330	2,471	2,220	3,000
Цена на зерно, фунтов за тонну	69,90	120,00	120,00	105,00	145,00
Доходы, фунтов/га	305,81	399,60	296,52	233,10	435,00
Расходы					
на семена	110,00	40,00	40,00	60,00	125,00
на удобрения	25,00	102,50	66,00	54,50	50,00
на обработку	89,00	153,00	40,00	64,00	75,00
Расходы, фунтов/га	224,00	295,50	146,00	178,50	250,00
Субсидии, фунтов/га	295,15	256,47	256,47	256,47	256,47
Рентабельность, фунтов/га	376,96	360,57	406,99	311,07	441,47

пашными (свекла, картофель) и овощными культурами, способствующими интенсивной ветровой эрозии торфа, а также одностороннее регулирование стока, когда избыток влаги по дренам удаляется в коллекторные каналы и безвозвратно сбрасывается в реки. При двустороннем же регулировании вода из каналов подается насосными станциями в расположенный выше водоем, откуда поступает обратно в случае пересыхания торфяника. Пересыхание торфа в сочетании с перегревом усиливает вертикальные воздушные потоки над осушенными территориями, приводя к возникновению «торфяных бурь», выдувающих огромные массы торфа, а также к минерализации торфа из-за обильного доступа кислорода. Использование торфяников под многолетние травы с удельным весом последних в севооборотах не менее 60% (Системы ведения сельского хозяйства Республики Беларусь, 1996) способствует закреплению почвы, снижает окисление и пересыхание пахотного слоя. Кроме того, как и в английской практике, у нас желательно было бы исключить ежегодную вспашку торфяно-болотных почв с оборотом пласта, периодически заменяя ее чизелеванием или так называемой безотвальной вспашкой. Этот прием предупреждает выдувание плодородного слоя, способствует сохранению влаги.

Глава 13

ТРАНСГЕННЫЕ РАСТЕНИЯ: НАУЧНЫЙ ВЗГЛЯД НА АСПЕКТЫ БИОБЕЗОПАСНОСТИ

В последнее время на страницах средств массовой информации ведутся оживленные дискуссии по проблеме использования генетически модифицированных (ГМ) организмов. К сожалению, не все их участники придерживаются правил ведения научной полемики: многое в этих дискуссиях основано на эмоциях, приводятся не до конца проверенные факты, цитируемая информация зачастую не подкреплена ссылками на ее источник, а суждения людей, мало знакомых с биологией, могут быть поверхностными и даже неверными. В настоящей главе мы попытаемся представить читателю объективный научный взгляд на проблему трансгенных растений.

Принципы получения трансгенных растений

Упрощая вопрос, можно сказать, что классическая линейная селекция растений основана на двух определяющих процессах. Во-первых, на гибридизации образцов, относящихся к одному виду культурных растений (реже могут привлекаться близкородственные виды), с целью получения новых искомым комбинаций генов. Во-вторых, на последующем искусственном отборе среди гибридного потомства растений — родоначальников новых сортов, обладающих нужными признаками. Однако генетические ресурсы вида не безграничны: в генофонде того или иного вида растений не всегда можно обнаружить гены, которые отвечают за необходимые современным сортам признаки. Расширить пределы генетического

разнообразия исходного селекционного материала давно и безуспешно пытались с помощью индуцированного химического или радиационного мутагенеза, т.е. искусственного получения и отбора растений-мутантов, обладающих нужными для селекционера параметрами.

Начиная с 80-х годов прошлого века в селекционную практику внедрены новые эффективные методы создания исходного материала и сортов растений, основанные на генетической инженерии. Различные организмы живой природы, скрещивание с которыми культурных сельскохозяйственных растений просто невозможно, обладают признаками, которые селекционер желал бы передать новым сортам. Современный уровень развития биологии позволяет «внедрить» соответствующие «экзотические» гены в геном культурных растений. Новый подход к селекции кардинально отличается от вышеуказанных традиционных тем, что позволяет «привносить» в имеющиеся сорта единичные желаемые качества (или удалять ненужные) без нарушения ранее отобранной уникальной комбинации признаков. Таким образом, генетическая инженерия не отменяет, но дополняет традиционные подходы к селекции растений.

Одним из наиболее часто применяемых способов получения генетически модифицированных растений является *бактериальная трансформация*. Для переноса в геном растения желаемых генов от других организмов используется почвенная бактерия *Agrobacterium tumefaciens*. В обычной природной среде *A. tumefaciens* является растительным патогеном и вызывает у пораженного растения образование бесформенных наростов ткани — так называемых корончатых галлов. Многие двудольные растения чувствительны к инфекции *A. tumefaciens*, которая осуществляется путем встраивания в хромосому растения генов бактериальной Ti-плазмиды (автономного кольцевого фрагмента ДНК), реплицирующейся независимо от основной бактериальной хромосомы. Встроенная в хромосому растения плазмидная ДНК изменяет уровень синтеза фитогормонов в пораженных растительных клетках, что приводит в свою очередь к неуправляемому их делению и формированию галлов. С помощью современных

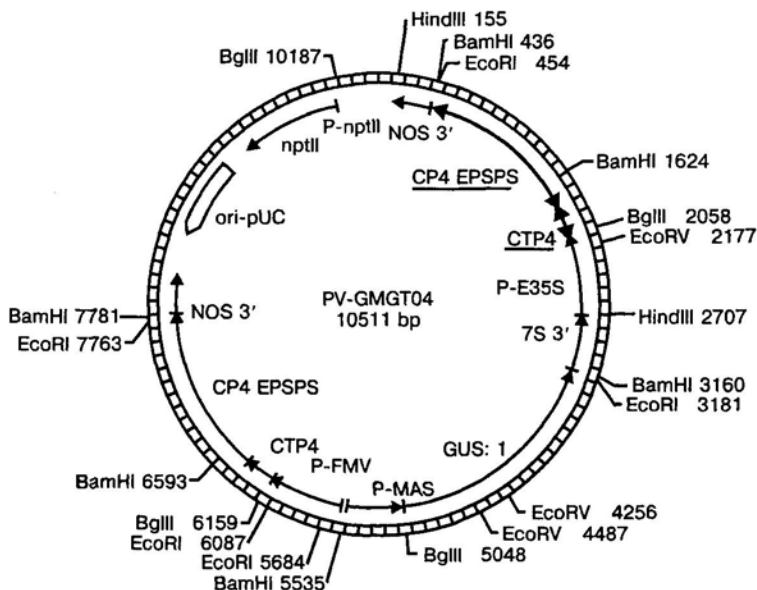


Рис. 13.1. Генетическая карта плазмиды PV-GMGT04 со встроенным геном EPSPS и геном транзитного пептида CTP-4

методов манипулирования молекулами ДНК можно удалить вызывающие заболевание гены из плазмиды бактерии и заменить их последовательностями ДНК других организмов (трансгенами), кодирующими желательные для селекционера признаки. Используя природную способность плазмиды почвенной бактерии к встраиванию в хромосомы растений, ученые переносят такую искусственно созданную молекулярную конструкцию (вектор) в растительный геном, т.е. осуществляют генетическую трансформацию. Для этого суспензией бактерий, несущих плазмиду с трансгенами, обрабатывают небольшие фрагменты растительной ткани (клетки растений), а затем методами культуры ткани восстанавливают целые растения и отбирают среди них те, которые приобрели искомые признаки.

Как видно из рис. 13.1, конструкция трансгена достаточно сложна. Он имеет так называемые правый и левый концы

для встраивания в ДНК, а также *промотор* — короткую последовательность нуклеотидов, необходимую для начала считывания информации самого трансгена. В генной инженерии обычно используют вирусные промоторы, обеспечивающие стабильную экспрессию гена на разном генетическом «фоне» (ведь суть жизнедеятельности вируса именно и состоит в экспрессии своей генетической информации в чужой клетке). *Терминальная последовательность* является сигналом для прекращения считывания генетического кода на данном участке ДНК. Кроме того, в составе молекулярного вектора обычно (хотя и не всегда) имеется еще и *селективный маркер*, который упрощает выделение трансформированных клеток из числа прочих. Чаще всего это ген устойчивости к какому-либо антибиотику. Трансформированные клетки, получив его вместе с «целевым» трансгеном, при введении антибиотика в питательную среду окажутся жизнеспособными в отличие от клеток, в которых трансформация не состоялась. Таким образом, они могут быть отобраны для восстановления целых растений-регенерантов уже на первых этапах работы.

Другим способом трансформации является так называемая *бомбардировка из генной пушки*. Ее принцип состоит в том, что фрагменты ДНК с описанной выше генетической конструкцией напыляют на заряженные металлические частицы, которые помещают на электрод. Между электродом и подготовленными к трансформации клетками размещают мельчайшую металлическую сетку. При подаче напряжения металлические частицы с напыленной ДНК, отрываясь от катода, летят в направлении клеток, но несущие частицы задерживаются сеткой, а фрагменты ДНК, проходя сквозь нее, продолжают движение по инерции и проникают в клетки. Встраивание трансгена в ДНК клетки происходит случайно, поэтому выход трансформантов при этом способе крайне невысок. Тем не менее генная пушка используется при работе с некоторыми видами растений (преимущественно представителями однодольных), которые не могут быть инфицированы агробактериями.

Работы по генетической трансформации растений были

начаты в 1980-х годах. Наибольшую известность получили трансгенная соя, устойчивая к гербициду сплошного действия раундапу, картофель и кукуруза, устойчивые к повреждению насекомыми, долго сохраняющиеся томаты и некоторые другие трансгенные растения.

Оценка риска ГМ растений для окружающей среды и здоровья человека

Естественно, развитие нетрадиционных методов селекции, ведущих к созданию организмов с принципиально новыми для них свойствами, требует тщательной оценки возможных негативных последствий их использования. На основе результатов специальных научных исследований, имеющегося опыта использования генетически модифицированных организмов, обсужденных рядом международных совещаний по проблемам биобезопасности, были сформулированы основные принципы и методология оценки возможных рисков, которые могут представлять трансгенные растения для экологической ситуации и здоровья человека (OECD, 1993a,b; Картахенский протокол, 2000; FAO/WHO, 2000; Directive, 2001/18/ЕС и др.).

Во-первых, такая оценка должна быть научной и строго индивидуальной. Недопустимо делать широкие обобщения на основе лишь частных данных, полученных для какого-либо трансгенного организма, но необходим отдельный анализ специфических особенностей каждого случая генно-инженерной деятельности.

Во-вторых, при оценке риска требуется учитывать характеристики конкретной экологической среды, в которую помещают ГМ растения, в частности вероятность скрещивания и передачи трансгенов растениям родственных диких видов и возможность иных путей обмена генетической информацией с другими организмами.

В-третьих, полученные данные о потенциально опасных характеристиках ГМ растений должны сравниваться с соответствующими характеристиками контрольной группы растений. При этом в качестве контроля должен использоваться

немодифицированный аналог того же вида и сорта растений. Например, аллергенность продуктов, изготовленных из ГМ сои, может обуславливаться не аллергенностью нового белка — продукта трансгена, а природной (уже существовавшей) аллергенностью белков исходного сорта сои, выбранного для проведения генетической модификации, иными словами, белками растения-реципиента.

В качестве факторов риска генно-инженерной деятельности с высшими растениями указывают следующие: нестабильность генома ГМ растений, возникновение растений с новыми непредсказуемыми свойствами, возможность передачи трансгенов близкородственным видам сорных растений и появления новых агрессивных сорняков, вероятная передача трансгенов почвенной и кишечной микрофлоре, а также возможная аллергенность или токсичность белков — продуктов трансгенов, с которыми ранее никогда не сталкивался человеческий организм (Ying-qian et al., 1996; Snow, Palma, 1997; Stewart et al., 2000; Conner et al., 2003). Разберем эти потенциальные опасности более подробно.

Поскольку при трансформации встраивание трансгена в геном клетки происходит случайным образом, то при этом экспрессия генов растения может изменяться за счет нарушения их структуры или механизмов их регуляции. Но в геноме растений, как и геноме других эукариот, смысловые последовательности (собственно уникальные гены) занимают менее 10%, поэтому вероятность «выключения» какого-либо гена при трансформации невелика. Кроме того, клетки с «молчащим» жизненно важным геном окажутся просто нежизнеспособными. В научной литературе высказывается также озабоченность тем, что вирусные промоторы в силу своей природы способны инициировать неконтролируемую экспрессию трансгена и синтез белкового продукта. Однако стабильность нового гена проверяется на последующих этапах селекционного процесса в течение ряда поколений потомков трансформанта. При этом организмы с нестабильным фенотипом отбраковываются.

Если ГМ растение выращивается в районе, где встречаются его дикорастущие сородичи, с которыми возможна его не-

контролируемая гибридизация, то можно ожидать появления «суперсорняков», несущих трансген (например, ген устойчивости к гербицидам, насекомым-вредителям) и обладающих благодаря этому повышенной выживаемостью. Понятно, что этот риск надо учитывать там, где мы имеем дело с перекрестноопыляющимися видами. Так, например, масличный рапс во многих районах выращивания имеет близкие виды сорных растений (сурепка и др.), с которыми он достаточно свободно вступает в гибридизацию. Уже доказан перенос генов от ГМ рапса сорнякам (Mikkelsen et al., 1996; Ellstrand, 2002). Кроме того, сам рапс с его высоким коэффициентом размножения «предрасположен» стать сорняком в случае приобретения им дополнительных свойств, резко повышающих выживаемость (Hall et al., 2000). По этим причинам коммерческое использование трансгенного рапса (и по аналогичным соображениям — сорго) в европейских странах запрещено. Сообщается также о еще одном доказательстве спонтанного переноса трансгенов у перекрестноопылителей — об обнаружении вирусного промотора CaMV 35S в ДНК растений местных популяций кукурузы в отдаленных районах Мексики (Quist, Chapela, 2001).

Еще одним экологическим фактором риска генно-инженерной деятельности являются возможные неблагоприятные воздействия ГМ растений на организмы-не-мишени (против которых не предполагалось воздействие продукта трансгена). Особое беспокойство в этом смысле вызывают трансгенные растения, устойчивые к насекомым-вредителям. В недавнее время, в частности, широкую огласку получили данные американских зоологов о вымирании бабочек-монархов *Danaus plexippus* вследствие попадания в пищеварительный тракт их гусениц пыльцы трансгенной кукурузы (содержащей бактериальный Bt-токсин, направленный против специфических вредителей-чешуекрылых). Действительно, лабораторные опыты показали токсичность этой пыльцы для личинок, однако в них не принималось во внимание наличие альтернативных источников пищи в природе. Предпринятая впоследствии комплексная оценка, учитывавшая естественные условия обитания и питания гусениц, показала, что

основной причиной снижения численности этого вида является разрушение биоценозов в результате хозяйственной деятельности человека (Stewart, 2000; Ермашин, 2004).

Существует опасение, что гены устойчивости к антибиотикам, использующиеся в качестве маркерных при выделении трансформантов, могут в процессе природной, естественной трансформации («горизонтального переноса генов», называемого так в отличие от «вертикального» — от родителей к потомкам) встраиваться в ДНК клеток почвенных бактерий. Действительно, показано, что свободная ДНК может сохраняться, не разрушаясь, в растительных остатках до нескольких месяцев и в течение этого срока участвовать в трансформации почвенных бактерий. Тем не менее, хотя в лаборатории и можно получить такие рекомбинанты, в естественных условиях вероятность трансформации почвенной микрофлоры составляет 10^{-10} — 10^{-17} (Smalla et al., 2000a,b; Bertolla et al., 2000).

Аналогично существуют опасения горизонтального переноса трансгенов кишечной микрофлоре человека вследствие употребления им в пищу продуктов из ГМ растений. При этом болезнетворные бактерии, населяющие пищеварительный тракт, могут приобрести устойчивость к антибиотикам, и вызываемые ими заболевания перестанут поддаваться лечению с помощью этих лекарственных средств. Хотя основное количество ДНК, поступающей с растительной пищей, разрушается пищеварительными ферментами нуклеазами, имеется вероятность порядка 10^{-16} сохранения в кишечнике целостных фрагментов ДНК, которые могут встраиваться в геном бактерий (Nap et al., 1992; Van der Vossen et al., 1998). Однако организация геномов прокариот, к которым относятся бактерии, и эукариот, к которым относятся растения и животные, различна, и эукариотический промотор не может инициировать транскрипцию (синтез иРНК на матрице ДНК) в прокариотической клетке. Поэтому для экспрессии трансгена в бактериальной клетке необходимо его встраивание непосредственно после одного из промоторов бактериальной хромосомы. Принимая во внимание размеры бактериального генома — примерно от 1 до 10 млн пар нуклеотидов, вероят-

ность успешной естественной трансформации кишечной микрофлоры можно оценить в 10^{-16} — 10^{-23} (Nap et al., 1992). Несмотря на то что эта вероятность исчезающе мала, ее все же нельзя сбрасывать со счетов, ибо появление новых, резистентных к антибиотикам разновидностей патогенных микроорганизмов сопряжено с вполне понятными отрицательными терапевтическими последствиями (FAO/WHO, 2000).

Следует отметить, что эволюционные процессы приобретения микроорганизмами устойчивости к лекарственным препаратам протекают независимо от генно-инженерной деятельности. По этой причине медицинская промышленность периодически разрабатывает и создает новые, более эффективные антибиотики. Существенным является то, что в генно-инженерных разработках используются только те антибиотики, применение которых в медицине уже прекращено. Так, обычным селективным маркером является ген устойчивости к канамицину. Этот старый препарат, известный с 1956 года, уже не используется в терапии. К тому же ген устойчивости к нему был выделен в свое время из кишечной палочки, так что его возврат в геном кишечных микроорганизмов не повлек бы сколько-нибудь значительных последствий. В то же время ванкомицин, единственный на сегодняшний день эффективный антибиотик, способный подавлять стафилококковую инфекцию, не используется в генной инженерии именно по причине опасения горизонтального переноса.

Оценка безопасности пищевых продуктов проводится в нашей стране в соответствии с утвержденными Министерством здравоохранения нормативными документами. Она включает тестирование пищевых продуктов на аллергенность, мутагенность, канцерогенность, способность вызывать острый или хронический токсикоз, иммуно-, нейро- и эмбриотоксичность. Многовековой опыт употребления в пищу традиционных продуктов питания уже является свидетельством их безопасности. Напротив, в ГМ растительном сырье могут содержаться новые токсичные или аллергенные компоненты (например, новые белки), с которыми, возможно, человек до настоящего времени не сталкивался.

В ряде случаев опасения относительно токсичности трансгенных продуктов для человека и животных не имеют под собой научной основы. К примеру, при получении картофеля, устойчивого к поражению колорадским жуком, была применена трансформация геном CryIIIА, ответственным за синтез Bt-токсина — белка, обладающего парализующим действием на кишечник колорадского жука. Этот ген был выделен из почвенной бактерии *Bacillus thuringiensis*. Высказывались сомнения относительно возможной токсичности данного белка для человека и вообще для не целевых организмов. В то же время химические препараты на основе данного бактериального токсина используются в сельскохозяйственной практике уже сорок лет. Эти препараты относят к числу «экологически чистых» и наиболее безопасных, так как Bt-токсин быстро разрушается, он высокоспецифичен, не токсичен по отношению к рыбам, птицам, млекопитающим и иным организмам, в частности, его действию не подвержены другие насекомые, в том числе пчелы (Conner et al., 2003).

Еще один пример не подтвержденных опасений касается томатов сорта Flavr-Savr с длительным сроком хранения. Срок хранения обратно пропорционален скорости разрушения пектинов в зрелых плодах. Для инактивации гена фермента полигалактуроназы, ответственного за этот процесс, в геном томата была введена вторая копия этого же гена, что в силу особенностей генной регуляции привело к «выключению» обеих копий. Аналогично для создания высокоолеиновых сортов масличных культур использовалось введение в генотип второй копии гена, контролирующего дальнейший метаболизм олеиновой кислоты, что также вызвало снижение активности этого гена (см. следующий раздел). В обоих случаях в растительную клетку не были привнесены какие-либо новые гены и соответственно не продуцировались новые токсичные вещества (Smith et al., 1990; Knutzon et al., 1992; De Silva, Verhoeven, 1998).

Трансгенная соя

Первые сорта трансгенной сои, обладающие устойчивостью к гербициду раундапу, появились в США в 1994 году. Раундап и его аналоги относятся к гербицидам сплошного действия, уничтожающим все виды растений. Действующим веществом этих препаратов является глифосат, ингибирующий шикиматный путь синтеза ароматических аминокислот (фенилаланина, тирозина, триптофана). Мишенью глифосата является один из ферментов этого пути — 5-енолпирувил-шикимат-3-фосфатсинтаза (EPSPS) — белок молекулярной массой 46 кДа, состоящий из 455 аминокислотных остатков. Поскольку у животных синтез ароматических аминокислот не происходит, то эти аминокислоты для них являются незаменимыми, т.е. могут поступать только с пищей. Из вышеизложенного понятно, что глифосат не токсичен для животных.

Для получения сои, устойчивой к раундапу (такие сорта имеют буквенное обозначение RR — roundup ready), был использован ген фермента EPSPS, выделенный из *Agrobacterium sp.*, так как EPSPS агробактерий не подвержен действию глифосата. В состав генной конструкции, созданной для трансформации, входили также промотор вируса мозаики цветной капусты, ген транзитного пептида петунии СТР-4, необходимый для экспорта белка из ядра в хлоропласты, а также терминальная последовательность (см. рис. 13.1).

Трансформация была проведена посредством генной пушки. Отбор трансформантов осуществлялся на фоне глифосата как селективного фактора. Исходная ГМ линия, получившая селекционный номер 40-3-2, стала впоследствии родоначальником всех остальных сортов и линий сои, характеризующихся устойчивостью к раундапу. В 1990—1994 годах проводились многочисленные проверки стабильности наследования и проявления нового гена. Исследования молекулярной структуры с помощью полимеразной цепной реакции и секвенирования показали, что при трансформации в геном сои включилась одна полная экспрессируемая копия бактериального гена EPSPS, а также два молчащих фрагмента. Кроме того, было показано, что селективный маркер — ген устойчивости

к антибиотику — не вошел в геном сои при трансформации. В ходе вовлечения линии 40-3-2 в классическую селекцию установлено обычное менделевское наследование трансгена с расщеплением 3:1 во втором поколении гибридов и стабильная передача его потомству, которое за эти и последующие годы заняло суммарные площади, исчисляющиеся миллионами гектаров.

Биохимический состав трансгенной сои оказался идентичным контрольным сортам, т.е. нетрансгенным аналогам, в том числе и по ароматическим аминокислотам. Дело в том, что EPSPS не является ключевым ферментом в шикиматном пути и не определяет параметры этого процесса. Содержание антипитательных веществ в ГМ сое также не изменилось. Изучение возможной аллергенности трансгенной сои проводилось неоднократно и включало, в частности, исследование переваримости протеолитическими (расщепляющими белки) ферментами и серологический скрининг (изучение иммунных реакций с сыворотками крови). Переваривание трансгенного EPSPS протеазами человека происходило не более чем за 15 секунд, а аллергенный эффект не был обнаружен (Ермишин, 2004). Отметим, что трансгенный EPSPS составляет 0,08% всех белков соевого зерна, тогда как аллергенные белки — обычно не менее 1%. При изучении эффекта этого белка на мышах и куропатках при дозе, превышающей обычную в 1000 раз, токсичности не выявлено. Также не было обнаружено фактов горизонтального переноса гена EPSPS при откармливании свиней ГМ соей в течение 80 суток.

В отношении экологического риска, который может быть связан с возможностью передачи трансгена близким видам, следует отметить, что дикорастущие виды сои отсутствуют в Америке и Европе. К тому же соя является строгим самоопылителем: даже в ареале ее происхождения частота перекрестного опыления внутри вида составляет не более 3%, причем на расстоянии 4 м она снижается до 0,02%, в других регионах эта величина пренебрежимо мала. Межвидовая же гибридизация сои с трудом осуществляется даже искусственным путем. Тем не менее в случае передачи гена устойчивости к раундапу дикой сое, которая может рассматриваться как

сорное растение на Дальнем Востоке, ее можно будет уничтожать обычными гербицидами избирательного действия. Самы RR сорта сои не конкурентоспособны в природных экосистемах без поддержки человека, поскольку они не имеют отличий от классических сортов по всхожести и жизнеспособности.

Со времени внедрения устойчивых к глифосату сортов сои, а точнее с 1996 года, в США отмечен рост площадей, занятых под этой культурой, на 18% при снижении расхода гербицидов на 12%, что выразилось в общей экономии расходов на возделывание сои в 216 млн долларов. В 2004 году посевы трансгенных сортов занимали 85% площадей под соей в США (Ying-qian et al., 1996). Поскольку раундап быстро разлагается в почве и нетоксичен для животных, появление трансгенных сортов сои позволило снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду. Кроме того, в посевах ГМ сои раундап может применяться по вегетирующим растениям, т.е. «точно» в местах появления сорняков, что повышает эффективность обработок, а соответственно урожай и качество продукции.

Сорта сои с высоким содержанием олеиновой кислоты в масле получены недавно DuPont Canada Inc. путем бомбардировки из генной пушки сортообразца Ashgrow A2396 трансгеном GmFad 2-1. Этот ген отвечает за превращение олеиновой кислоты в линолевую, и введение второй его копии в геном сои привело к выключению как собственной, так и трансгенной копий. В результате жирнокислотный профиль соевого масла был качественно изменен: содержание олеиновой кислоты достигло 80% по сравнению с обычным 20–35%, а содержание линолевой снизилось с 50–60 до 0,5%. Такое масло не уступает оливковому по пищевым качествам и используется как сырье для химической промышленности. Health Canada (2000) сообщает, что исходные трансгенные высокоолеиновые линии G 94-1, G 94-19 и G 168 прошли тесты на аллергенность и токсичность и не представляют опасности для здоровья человека и окружающей среды.

Необходимо упомянуть и о другом биотехнологическом проекте, связанном с соей. Для балансировки соевого белка

по содержанию метионина была предпринята трансформация сои геном запасного белка 2S бразильского ореха *Bertholletia excelsa*. Однако серологические тесты показали высокую аллергенность этого белка с некоторыми индивидуальными сыворотками. Содержание трансгенного белка составило около 6% от общей массы зерна. Понятно, что употребление в пищу продуктов из таких сортов трансгенной сои вызвало бы аллергическую реакцию у людей, страдающих аллергией на бразильский орех. Поэтому данная селекционная программа была свернута и не доведена до производства (Stewart, 2000).

Если медицинские и экологические риски, связанные с трансгенными культурами, в том числе соей, подвергаются тщательной проверке, то в производственном аспекте дело может обстоять не столь благополучно. Сравнение сортов, устойчивых к раундапу, с их сестринскими нетрансгенными линиями показало, что последние имели преимущество по урожайности в среднем на 5%, а современные высокоурожайные сорта других компаний — на 10% (Elmore et al., 2001). Этот полевой опыт проводился при ручной прополке для исключения влияния технологии и выявления эффекта генотипа. Побочный метаболический эффект гена EPSPS выражается в избыточном (на 20%) накоплении лигнина в тканях растения, что приводит к хрупкости стебля в жаркую погоду. Это явление выдвинуто для объяснения потерь урожая RR сортов сои в южных штатах США, достигавших порой 40% (Coghlan, 1999).

Глава 14

ПРОДУКТЫ И БЛЮДА ИЗ СОИ

Соя и продукты ее переработки издавна занимали важное место в питании дальневосточных народов. Большое разнообразие блюд из сои присуще китайской, японской, корейской кухне. В XX веке соя нашла широкое применение и в рационе жителей Европы и Америки, не в последнюю очередь благодаря новым технологиям глубокой переработки соевого зерна.

В отличие от других растительных продуктов соя бедна углеводами, в том числе клетчаткой, поэтому рекомендуется использовать ее в сочетании с другой растительной пищей, богатой углеводами и клетчаткой. По содержанию белка соя превосходит даже продукты животноводства, обеспечивая потребности организма в белке. Поэтому не следует сочетать соевый белок с животным.

Часть соевых белков препятствуют усвоению белка нашим желудком. Они называются ингибиторами трипсина. Ингибитор — это вещество, подавляющее какой-либо процесс. Трипсин — комплекс ферментов, вырабатываемых желудком для того, чтобы разложить белки на аминокислоты, поскольку белок может быть усвоен только в виде свободных аминокислот. Для повышения процента усвояемого белка необходимо разрушить ингибиторы трипсина. Самый простой способ — термообработка. При употреблении в пищу вареной сои белок усваивается легче и полнее. Однако надо помнить, что термическая обработка при температуре выше 105°C может привести к разрушению одной из важнейших аминокислот — лизина. Поэтому нельзя готовить сою с применением высокого давления, например в скороварке.

Большая часть (до 90%) соевых белков водорастворима. Эти белки наиболее легко усваиваются организмом, благодаря чему соя выгодно отличается не только от зерновых, но и других бобовых растений. С учетом этого рекомендуется использовать такую технологию приготовления пищи из сои, при которой водорастворимые белки находятся в растворе, т.е. сваренная и размельченная соя полезнее для здоровья, чем поджаренная или испеченная.

Аминокислотный состав соевого белка дополняет аминокислотный состав зерна злаков. Поэтому соя хорошо сочетается со злаками. Пропорции между соей и злаками в пище должны быть в пользу злаков, так как соя содержит в 3—4 раза больше белка. Преимущество соевого белка перед белком животного происхождения заключается в том, что он поступает в наш желудок без холестерина животных жиров. Это значит, что, заменяя животный белок на соевый, мы уменьшаем риск возникновения заболеваний, связанных с увеличением хрупкости сосудов (сердечно-сосудистые) и отложением солей. При приготовлении соевых блюд сочетайте животные и растительные жиры примерно в равных долях. Не забывайте о том, что в соевых бобах уже имеется 17—20% хорошего по своему составу масла. Соевое масло — прекрасный продукт для салатов и майонезов, для приготовления разнообразных блюд. Пока его недостаточно на нашем рынке. Но если мы используем соевые бобы на своей кухне, значит, используем и масло в них. Усвояемость соевого масла составляет 95—100%.

В семенах сои содержатся витамины А, В₁, В₂, С, Е и К. Витамина В₁, например, в сое в три раза больше, чем в сухом коровьем молоке. Минеральные вещества также важны в питании человека. В семенах сои их достаточно много — от 4,8 до 5,5%. Всего 100 г сухих семян сои могут обеспечить суточную потребность человека в энергии на 20%, белке — на 45, жирах — на 20, кальции — на 18, фосфоре — на 100, железе — на 95, магнии — на 80%; в витаминах В₁ — на 70%, В₂ — на 30, В₆ — на 40%.

Ассортимент соевых продуктов питания в настоящее время составляет сотни наименований. Все больше их появляет-

ся и в Беларуси. Среди огромного разнообразия блюд из сои мы старались отобрать только те, технология приготовления которых наиболее проста и которые содержат доступные для каждой хозяйки компоненты в наиболее приемлемых для здоровья сочетаниях.

Продукты из цельных зерен сои

Цельные соевые зерна используются для приготовления супов, каш, гарниров.

Полуфабрикат. Сухие зерна сои замочить в воде на ночь (12—16 часов). В воду для замачивания можно добавить немного (на кончике ножа) питьевой соды (это улучшит усвоение соевого белка). Затем зерна помыть и поместить в подсоленную воду. Варить 2—3 часа на медленном огне. Воду слить, разваренные зерна пропустить через сито или мясорубку. Полученная масса — хороший полуфабрикат для приготовления различных блюд.

Незрелые семена и проростки сои. Недозревшие зеленые зерна сои употреблялись в пищу в Японии под названием эдамаме. Зеленые бобы погружают в кипяток на 5 минут для лучшего отделения створок бобов. Такая бланшировка способствует лучшему сохранению витаминов.

Китайцы, японцы, а в последнее время и европейцы очень многие блюда приправляют молодыми ростками сои или применяют их в качестве салата либо витаминного гарнира. Чтобы получить проростки, семена сои выдерживают в закрытом от света сосуде (например, в бочке) в течение 3—5 или больше дней в зависимости от температуры. В пищу используют проростки, достигшие 4—5 сантиметров. Из 400 г семян получается 1,5 кг соевых ростков. Соевые проростки, так же как и незревшие зерна, богаты витамином С. Проростки вполне могут заменять зеленые овощи, они очень питательны, быстро варятся (4—5 минут). Перед приготовлением какого-либо блюда с добавлением проростков их необходимо ошпарить кипятком.

Продукты комплексной переработки сои

Текстурированный соевый белок («соевое мясо»). Соевые текстураты производят из обезжиренной соевой муки путем ее обработки при высоких давлении и температуре. Производство этих продуктов стало возможным с появлением технологии глубокой переработки сои методом экструзии (см. главу «Экономическое значение сои»). При этом соевый белок приобретает характерную волокнистую структуру, напоминающую мясо. В соевых текстуратах содержится от 54 до 70 % белка. В процессе их производства не используются какие-либо химические вещества. При отваривании сухое соевое мясо увеличивается в массе в 3—4 раза за счет поглощения воды (гидратации). Текстураты являются хорошим источником белка, блюда с их использованием просты для приготовления в домашних условиях. Отсутствие холестерина в этих заменителях мяса позволяет рекомендовать их для диетического питания.

Поскольку текстурат уже подвергся первоначальной переработке, он не требует длительного приготовления. Достаточно варить соевое мясо в течение 10—15 минут, после чего его можно тушить с овощами или использовать для приготовления супов.

Соевая мука. Мука является основным соевым продуктом в мире. Однако в нашей стране купить соевую муку промышленного изготовления пока невозможно. Ее можно получить в домашних условиях. Следует, однако, помнить, что такая мука не может храниться долго и быстро прогоркает ввиду наличия большого количества масла. Соевую муку следует комбинировать с крахмалистыми продуктами: мукой зерновых культур, рисом, картофелем.

Очищенные от примесей зерна промывают, сушат, освобождают от кожуры и измельчают на мельнице, кофемолке или жерновах. Для улучшения вкуса соевой муки зерна в закрытом сосуде нужно подвергнуть 10—12-минутной обработке насыщенным паром, после чего просушить и размолоть.

Соевое молоко и продукты из него

Соевое молоко. Традиционный китайский рецепт приготовления соевого молока заключается в следующем. Зерна предварительно замачивают в холодной воде в течение 12—24 часов, затем тонко размалывают в жерновах с постоянным притоком воды. Полученную кашу оставляют на некоторое время (2—4 часа). Полезно прибавить в нее немного соли — это повысит растворимость некоторых белков в воде. Используется два способа приготовления молока. В первом случае растертую кашу кипятят около получаса, затем процеживают через полотно, слегка отжимая. Этот способ можно рекомендовать для приготовления молока в домашних условиях. Такое молоко богаче питательными веществами. Другой способ используется при промышленном изготовлении молока. В данном случае кашу процеживают через полотно в сыром виде, а потом уже кипятят молоко. При кипячении на соевом молоке, так же как и на коровьем, образуются пенки, которые снимают до 30 раз. Снятие пенки уменьшает питательную ценность соевого молока, особенно снижается количество жира. У китайцев и японцев пенка, снятая с соевого молока, считается лакомством. Ее употребляют поджаренной на соевом масле, иногда с какой-либо начинкой. В подсушенном виде пенка может храниться достаточно долго. В пенке соевого молока содержится: 52% белков, 17% жиров, 12% углеводов, менее 1% клетчатки, около 2,5% золы, 10% воды. Китайцы пьют соевое молоко всегда в горячем виде и с сахаром. Часто употребляют печенье из пшеничного теста, сваренного в соевом масле, размачивая его в молоке. В современной кухне соевое молоко употребляют и в холодном виде. Обычно его разводят наполовину фруктовыми или овощными соками — яблочным, томатным и др. Это больше соответствует европейским понятиям о вкусной пище. Вкус соевого молока можно улучшить добавлением ванилина. Трудности приготовления соевого молока на домашней кухне заключаются в отсутствии жерновов. Но можно использовать блендер (сосуд с вращающимися ножами на дне), миксер с насадками для дробления (ножами) или

мясорубку (пропустив соевые бобы через нее несколько раз). Из соевого молока, так же как и из обычного, можно приготовить сухое и сгущенное молоко, сливки и другую соевую молочную продукцию. Кислоты и бактерии могут створаживать соевое молоко, так же как и обычное. Соевое молоко можно приготовить из соевой муки или соевого жмыха (шрота), из которого удалили масло.

Соевые сыры (традиционные технологии). Соевый сыр тофу — очень распространенный продукт не только в Азии, но и в Западной Европе и Америке. Его можно изготовить и в домашних условиях. Из тофу, так же как из соевой муки, приготавливают огромное разнообразие блюд. А при соответствующей обработке тофу имитирует вкус практически любых продуктов животноводства. Тофу изготавливают из соевого молока. Для того чтобы створожить соевое молоко, в традиционной китайской кухне используют морскую соль или порошок гипса. Гипс растворяют в воде (4 массовые доли воды на 1 часть гипса). Раствор вливают в соевое молоко в соотношении 1:140. Через 10—15 минут белок начинает свертываться, превращаясь в хлопья, отделяется от сыворотки и оседает на дно. Сыворотку можно осторожно отчерпнуть ковшом. Остатки сыворотки процеживают через хлопчатобумажное полотно на сите или глубоком дуршлаге. Полученная масса бледно-желтого цвета — соевый творог. Для придания вкуса его можно сдобрить бульоном из овощей, настойкой перца или чеснока.

Соевый творог отжимают в плотняном мешочке с помощью груза. Полученный сыр пресен на вкус, но по питательной ценности он не уступает мясу, яйцам, а по переваримости даже превосходит их. В таком виде тофу — скоропортящийся продукт. Его надо употреблять сразу же. Используется в пищу в сочетании с другими продуктами.

Хранить тофу можно в замороженном виде. Его нарезают на мелкие кубики, замораживают на ночь, затем сушат на солнце, следя, чтобы высыхание шло медленно. Из мороженого тофу можно приготовить те же блюда, что и из свежего, но вкус этих блюд иной. Обычно перед употреблением его заваривают в воде. Если нарезать мороженный тофу мелкими

ломтиками, поджарить в соевом масле, дать маслу стечь, получится продукт, который может храниться достаточно долго.

Другой способ приготовления консервированного тофу, распространенный в Северо-Восточном Китае, заключается в выдерживании его под прессом в ткани. Получившаяся плитка подсушивается в горячем сухом котле, затем варится в круто посоленной воде с добавлением растительных пряностей и высушивается на циновке. Такой тофу крепкий, упругий и может долго сохраняться. Его используют в супах и соусах вместо мяса или вместе с мясом либо подают в виде мелких ломтиков к пиву.

Если тофу коптить, как мясо, он приобретает вкус ветчины. Традиционная японская технология изготовления соевого сыра «натто» отличается от китайской тем, что для осаждения белка там пользуются не солями, а бактериями. Хорошо промытые зерна сои кипятят в течение 5 часов, затем, когда масса остывает до 20—30°C, ее раскладывают на рисовую солому, завязывают все вместе в холст и выносят в теплый и темный погреб, где и происходит брожение. Считается, что такой сыр отличается от тофу более нежным вкусом.

Приготовление тофу на домашней кухне. 350 г соевых зерен, 2 чайные ложки нигари. Нигари — это специальная соль, получаемая из морской, которую выпускают в Японии и используют для створаживания соевого молока. Нигари можно заменить 3 чайными ложками сульфата магния, или 6 столовыми ложками лимонного сока, или 5 столовыми ложками яблочного уксуса, или 1 столовой ложкой хлористого кальция. Замоченные в течение 12 часов зерна сои очень тщательно перетрите блендером, миксером или мясорубкой вместе с горячей водой (2—2,5 л). Процедите через полотняный мешочек. Полученная жидкость — соевое молоко. Оставшаяся твердая масса — окара может быть использована для супов, а также корма домашних животных. Окару хранят в холодильнике.

Соевое молоко поставьте на плиту и кипятите ровно 7 минут. Снимите с огня и добавьте нигари или другой створаживающий агент, предварительно растворенный в 200 мл холодной воды, перемешайте и ждите 3 минуты. При использовании сульфата кальция температуру снижают до 71—

76,5°C. Если тофу получился недостаточно твердым, добавьте еще сульфата кальция. Убедитесь, что произошло полное расслоение молока на творог и сыворотку. Поместите створоженную массу в полотняный мешочек, последний — в высокий дуршлаг (он может иметь ту форму, которую вы желаете придать тофу), а дуршлаг — в кастрюлю. Завяжите мешочек, положите на него груз и прессуйте около 15 минут. Обычно этого достаточно, но чем больше время прессования, тем тверже тофу. Наполните раковину или большой таз холодной водой. Уберите груз, поместите дуршлаг в холодную воду и осторожно выньте мешочек со створоженной массой из дуршлага. Развяжите его под водой и плавно опустите тофу на дно. При необходимости его можно разрезать на кусочки и осторожно вытащить для подсушивания. Тофу можно использовать сразу, некоторое время его можно хранить в холодильнике в посуде с водой или в морозилке. Свежеприготовленный тофу обычно употребляют с небольшим количеством соевого соуса и нарезанным зеленым луком.

Тофу из соевой муки. 0,5 кг соевой муки, 3 л теплой воды, 1,25 чайной ложки нигари или 0,25 стакана яблочного уксуса. Влить в муку немножко воды и тщательно перемешать, чтобы предотвратить образование комков, затем всю остальную воду. Оставить полученную смесь на полчаса. Затем поместить ее в мешочек для фильтрации и прессовать в дуршлаг как можно тщательнее. Добавить еще 0,5 л воды и еще раз прессовать. Полученное соевое молоко поставить на плиту, довести до кипения и тут же уменьшить пламя. Для створаживания использовать нигари или яблочный уксус, предварительно хорошо растворенные в 1 стакане холодной воды. Размешать молоко и влить в него половину створаживающего раствора. Если через несколько минут молоко не расслоится на сыворотку и творог, добавить еще раствора. В дальнейшем действовать по вышеприведенному рецепту.

Способы обработки тофу. Смешивание (перетирание). Если тофу смешивают с жидкостью, последнюю вливают в блендер или миксер и бросают в нее тофу маленькими кусочками. Если тофу смешивают с нежидкими компонентами, их кладут в блендер или миксер с насадкой и ножами и добав-

ляют тофу маленькими дозами. В этом случае при необходимости можно влить немножко соевого молока или воды.

Обжаривание тофу. Этот способ преследует несколько целей: сделать тофу теплым, твердым или освежить, если он начал закисать. Положите тофу в воду (1 л на 200—350 г тофу), доведите до кипения. Обжарьте на медленном огне, пока тофу не станет хрустящим и золотистым. Подсушите и сервируйте с томатным соусом.

Ферментированные соевые продукты

Соевый соус. Соевый соус получается в результате длительного брожения разваренных зерен сои и представляет собой темно-коричневую жидкость с приятным запахом и острым вкусом. Он помогает перевариванию грубой растительной пищи и по своему физиологическому действию может заменить мясные экстракты, супы и другие вещества животного происхождения, стимулирующие работу пищеварительных органов. Соевый соус улучшает вкус пищи и повышает аппетит. Достаточно одной столовой ложки соевого соуса на кастрюлю самого пресного супа, чтобы сделать его вкусным. Обычно соус приготавливают на заводах и доставляют потребителю расфасованным. Соевый соус используют как приправу не только к соевым, но и к другим блюдам — винегретам, салатам, макаронным изделиям, рыбе, мясу, пельменям, овощным супам. Существует много способов приготовления соевого соуса. Самым распространенным и вкусным считается соус, приготовленный по китайскому рецепту тамари. Зерна сои разваривают и раскладывают комьями в помещении на рисовой соломке (обычно используют чистые циновки). Когда разложенная масса насквозь покроется грибной плесенью (грибок *Aspergillus oryza*), ее постепенно размалывают на мелкие куски. Спустя два месяца брожение прекращается. После этого массу помещают в чаны с соленой водой, в которых есть решетки. В течение года жидкость ежедневно переливается (проветривается), пока не станет густой. Затем готовый соус отфильтровывается (обычно при помощи бамбуковой корзины).

Рецепты блюд из сои

Котлеты из полуфабриката. К 200—300 г полуфабриката (способ приготовления см. выше) добавить одно яйцо и пшеничную муку — 1/2 часть от объема полуфабриката (можно использовать вместо муки кукурузный или картофельный крахмал), соль, перец, приправы, мелко нарезанные и слегка обжаренные лук и чеснок, тщательно перемешать. Из этой массы приготовить небольшие котлетки, обвалять их в панировочных сухарях и поджарить на растительном или сливочном масле. Употреблять свежеприготовленными.

Драники с соей. Смешать протертый картофель и полуфабрикат в равных пропорциях. Добавить немного соли и испечь на сковороде. В отличие от чисто картофельных драников это блюдо содержит в 20 раз больше белка, сохраняя привычный для нас вкус.

Котлеты и драники из окары. Готовят так же, как из полуфабриката.

Жареные соевые орешки. Предварительно замоченную сою проварить в течение получаса на слабом огне. Обжарить на сковороде с добавлением растительного масла, постоянно перемешивая, до золотистого цвета. Орешки можно подсолить и употреблять, запивая пивом, но даже без соли и пива они очень вкусны. Не следует употреблять их слишком много — это тяжелая и высококалорийная пища. Соевые орешки могут быть использованы в салатах или в сложных гарнирах вместо грецких орехов или арахиса.

Жареные проростки. 115 г соевых проростков, 30 г масла, сахар, соль. Проростки ошпарить кипятком, посыпать солью сахаром и обжарить на масле до золотистого цвета. Подавать с соевым соусом к котлетам или бифштексу.

Жареный тофу. 450 г тофу нарезать ломтиками, обмакнуть в соевый соус. Дать пропитаться каждой стороне в течение нескольких минут. Обвалять в пшеничной муке и прожаривать с каждой стороны до коричневого цвета.

Жареный тофу (китайский рецепт). Тофу размять и поджарить на сковороде в растительном масле вместе с вареной соей, луком, капустой.

Тофу с рыбой. Сварить 2 стебля очень мелко нарезанного сельдерея вместе с 1 столовой ложкой крошеной петрушки в объеме воды в два раза большем, чем объем зелени. Горячий отвар подгустить одним взбитым яйцом и добавить 1 чайную ложку сливочного масла. Нарезать ломтиками 200—250 г тофу и вместе с рыбой отварить в кастрюле. Рыбу и тофу смазать отваром сельдерея.

Соевый майонез. 2 столовые ложки соевой муки, 0,5 столовой ложки французской горчицы, 1 столовая ложка сахара, соль и перец по вкусу, 2 столовые ложки лимонного сока или яблочного уксуса, 4 столовые ложки растительного масла. Смешать все, кроме масла, и взбить. Масло добавлять понемногу, чтобы смесь не расслоилась, и продолжать взбивать. Энергичное взбивание улучшает вкус смеси. Рецепт очень хорош для принципиальных вегетарианцев.

Соевый хлеб. Используется смесь соевой (25%) и пшеничной (75%) муки. Технология изготовления такая же, как и обычного хлеба. Выпечка более длительная.

Бульон овощной с тофу. 100 г тофу, 1 морковь, 1 луковица, 1 корень петрушки, 2 стебля лука-порея, 3 картофелины, 2 л воды или бульона, 1 столовая ложка растительного масла, перец (горошек), соль. Тофу нарезать кубиками, лук — колечками и пассировать. Овощи нарезать и сварить на воде или бульоне. Добавить соль, перец и заправить тофу с луком.

Суп соевый с картофелем. 250 г зерен сои, 600 г картофеля, 2 л мясного бульона, 1 луковица, 1 столовая ложка муки, специи, соль. Поджарить нарезанный лук, добавить пассированную муку и развести мясным бульоном. Замоченную на ночь сою отварить и выложить в бульон. Варить 30 минут, добавить нарезанный картофель, посолить и варить еще 30 минут. За 2—3 минуты до окончания варки добавить специи.

Тушеное соевое мясо по-восточному. 300 г соевого мяса, 2—3 луковицы, 2 моркови, 1,5 стакана подсолнечного масла, 1 чайная ложка соли, специи по вкусу. Соевое мясо варить в течение 10 минут со специями. Обжарить на сковороде до румяного цвета с добавлением 3—4 ложек масла. На-

резанные лук и морковь спассировать. К соевому мясу и поджаренным овощам добавить бульон и тушить до готовности на медленном огне. За 15 минут до окончания посолить, добавить 2—3 лавровых листа и столько же горошин перца, хмели-сунели или другие приправы по вкусу. На гарнир подать отварной картофель, рис или вермишель.

Черная лапша по-японски. 450 г соевой муки, 1 яйцо, 20 г соли, вода. Из всех компонентов замесить тесто. Через 30 минут раскатать его в очень тонкий пласт и свернуть рулоном длиной 25 см. Нарезать полосками шириной 0,5 см и опустить в кипящую воду. Варят 5 минут, откидывают на дуршлаг и подают лапшу к столу горячей.

Соя с рисом. 1 л зерен сои, 2 помидора, 2 чайные ложки соли, 1 стакан риса, 1 луковица. Сою отварить. В воде, в которой варилась соя, отварить помидоры с луком. Процедить и в этой же воде варить рис, добавив соль. По мере надобности подливать воду. Когда рис сварится, добавить сою и варить еще 15 минут на медленном огне.

Соя с макаронами. 2 стакана полуфабриката, 2 стакана вареных макарон, 2 стакана протертых томатов, 1 луковица, 1 столовая ложка масла (сала), соль и перец. Поджарить мелко нарезанный лук в масле, добавить томаты, соль и перец. Прокипятить на малом огне 20 минут, затем пропустить смесь через сито. Полуфабрикат и отваренные макароны выложить слоями попеременно в форму (сковороду) и залить их сверху полученной смесью. Запекать блюдо на медленном огне, пока не подрумянится.

Жареный картофель с тофу. 300 г картофеля, 100 г тофу, 1 долька чеснока, 4 столовые ложки растительного масла, перец, соль. Картофель нарезать соломкой и жарить до полуготовности. Добавить нарезанный мелкими кубиками тофу и дожарить. За 1—2 минуты до готовности посолить, поперчить, добавить мелко нарубленный чеснок и перемешать.

Соевая каша. 1 стакан соевой муки, 1 чайная ложка соли, 3 стакана воды. Готовить в закрытой посуде 2 часа. Когда масса остынет, ее можно нарезать и обваливать в пшеничной муке и сале (масле).

Омлет с соей. 2 яйца, 2 столовые ложки молока, 3 столовые ложки соевой каши, 2 столовые ложки вареного риса, 1/4 чайной ложки соли. Все смешать и запечь на сковороде.

Печеная соя. 2 стакана вареной сои, 1 стакан размятых свежих помидоров, 1 столовая ложка крахмала, 1/4 чайной ложки семян сельдерея, несколько капель перцовой настойки или немного молотого перца, 1,5 чайной ложки соли. Все компоненты, кроме сои, смешать и варить до готовности. Полученной массой залить сваренные соевые бобы и запечь их. Как только бобы станут коричневыми, блюдо можно подавать на стол.

Печеная соя со свиной. 450 г зерен сои, 100—150 г соленой свиной, 1 чайная ложка соды, 2 чайные ложки патоки, 1 чайная ложка горчицы. Зерна сои замочить в содовом растворе и сварить. Воду слить. Смешать патоку и горчицу с 0,5 л чистой воды. Залить этой смесью сою, добавить воды, чтобы зерна были покрыты ею. Сверху положить свинину, порезанную на кусочки, и поставить в духовку на медленный огонь.

Мексиканские фриджали. 0,5 л соевых зерен, 2 столовые ложки сала, 1 помидор, 1 луковица, 0,5 чайной ложки соли. Предварительно замоченные зерна поджарить на сале в течение 10 минут. Подавать с соусом, приготовленным следующим образом: помидор, луковицу и соль протереть и проварить.

Соевый салат. 1 стакан вареной или жареной сои, 1 стакан мелко нарубленного сельдерея, 0,5 стакана твердого тертого сыра. Все компоненты перемешать и подавать на листьях салата (латука), украсив листьями сельдерея.

Салат из соевого мяса. 300 г отваренного соевого текстурата, 2 вареные картофелины, 2—3 соленых огурца, 2—3 яблока, 100 г зеленого горошка, 300 г майонеза, зелень, перец. Соевое мясо, картофель, огурцы, яблоки нарезать кусочками, добавить горошек, поперчить, заправить майонезом и украсить зеленью.

Салат из соевого мяса с грибами и сыром. 150 г шампиньонов, 100 г отваренного текстурата, 50 г твердого сыра, 2 помидора, 1 соленый огурец, 200 г майонеза, перец. Отва-

ренные шампиньоны, соевое мясо, помидоры и огурец мелко нарезать, сыр натереть. Все перемешать, поперчить и заправить майонезом.

Китайский салат. Тофу нарезать мелкими кусочками, добавить нарезанный лук, растительное масло и пюре вареной сои. Перемешать и подавать в холодном виде.

Французский салат. 450—500 г соевых проростков выдержать недолго в холодной воде, слить воду и посыпать солью. Порезать одну луковицу и смешать с 1/4 чайной ложки настойки перца (или посыпать молотым перцем), добавить 1 столовую ложку салатного (растительного) масла и 0,5 чайной ложки соли. Получившейся массой залить проростки.

Деликатесный белковый салат. 3/4 стакана зерен сои, 3/4 стакана риса или пшеницы, кальмары или крабы, 1 морковь, 1 огурец, 1 луковица, 1 сладкий перец, 1 веточка сельдерея. Маринад: 1 чайную ложку свежего фенхеля или укропа, 1/2 стакана яблочного уксуса, 1/2 стакана майонеза, сок одного лимона, немножко базилика, 2 столовые ложки сухого белого вина, 1/2 стакана свеженарезанной петрушки, 2 дольки мелко нарезанного чеснока, соль и перец перемешать и довести до кипения. Сою и пшеницу или рис отваривать, пока не станут мягкими. Затем положить их в горячий маринад. Когда маринад остынет, добавить остальные компоненты салата, нарезанные кубиками. Перемешать все с 1 стаканом измельченного белого сыра. Украсить зеленью и кружками помидоров.

Грибной салат с тофу. Нарезать 350 г маринованных или соленых молодых грибов, добавить 1 столовую ложку растительного масла и мелко покрошить 1 дольку чеснока. Слегка обжарить очищенные орехи (или арахис), покрошить их. Смешать 150 г мягкого тофу и 1 столовую ложку лимонного сока. Добавить сухие специи по вкусу. Перемешать с грибами и нарезанным зеленым луком. Украсить поджаренными орехами.

Печенье из полуфабриката. Для использования полуфабриката в кондитерских изделиях после варки очистить зерна от кожуры и затем пропустить через мясорубку. К по-

луфабрикату добавить сахар по вкусу и пшеничную муку (2/3 части от объема полуфабриката), испечь печенье или коржи для торта в духовке.

Пирожные из сои (1-й рецепт). 1 стакан пшеничной муки, 1 стакан полуфабриката, 0,5 чайной ложки соли, 0,5 чайной ложки соды, варенье или джем, или фрукты, протертые с сахаром, или желе. Полуфабрикат и муку замесить. Полученное тесто раскатать, как для пирога, наполнить начинкой из варенья или фруктов, выпекать 10—20 минут.

Пирожные из сои (2-й рецепт). 1 стакан соевой муки, 1 стакан гречневой муки, 1 стакан пшеничной муки, 3 стакана воды, 4 чайные ложки соды, 1,5 чайной ложки соли, 2 яйца. Все перемешать и выпекать на сильном огне. Украсить вареньем и кремом. Можно обойтись и без гречневой муки.

Пирожные из сои (3-й рецепт). 3 стакана соевой муки, 0,5 стакана сливочного масла, 2 стакана сахара, 4 яйца, 450 г изюма с семенами, 2 чайные ложки разных пряностей, 2 чайные ложки соды, 0,5 стакана вина. Взбить масло, добавить сахар и хорошо взбитые яйца. Перемешать со всеми остальными компонентами, сформовать и выпекать на умеренном огне.

Вафли соевые. 1,25 стакана пшеничной муки, 3/4 стакана соевой муки, 1 яйцо, 2 столовые ложки сливочного масла, 2 столовые ложки топленого сала, 2 чайные ложки ванилина, 1/4 стакана молока, 1/2 чайной ложки соли, 2 чайные ложки соды, 1 стакан сахара. Взбить масло, добавить сахар и взбитое яйцо, молоко и ваниль. Полученную смесь соединить с перемешанными сухими продуктами. Раскатать как можно тоньше и печь на умеренном огне.

Булочки к чаю из сои. 2 хорошо взбитых яйца, 1 стакан полуфабриката, 0,5 стакана молока, 0,3 стакана растопленного сала, 1 чайная ложка соли, 2 стакана пшеничной муки, 2 чайные ложки соды. Все компоненты смешать в указанном порядке. Печь в сковороде 20—25 минут.

Суфле из сои. 0,5 стакана полуфабриката, 0,5 столовой ложки сливочного масла, 2 столовые ложки пшеничной муки, 1 яйцо, 0,5 стакана молока, специи по вкусу. Растопить масло и добавить в него муку и молоко, постоянно помешивая.

вая. Варить эту смесь в течение 1 минуты. Добавить полуфабрикат и остудить. Добавить взбитый желток и специи, взбить белок и положить в смесь. Запекать 30 минут.

Фруктовый пудинг с соей. 1,5 стакана полуфабриката, 1 чайная ложка лимонного сока, 3 кислых яблока, 1/4 стакана изюма, соль по вкусу. К полуфабрикату добавить соль и лимонный сок, хорошо перемешать. Нарезать яблоки продолговатыми кусочками, смешать их с рубленным изюмом. Сделать из полуфабриката шарики и погружать их в смесь яблок и изюма так, чтобы покрылись густым слоем. Подавать на листьях салата (латука) с майонезом.

Соя с изюмом. 180—200 г зерен сои, 1 крупная луковица, 1 зубок чеснока, 1 сладкое яблоко, 2 столовые ложки растительного (или сливочного) масла, 2 столовые ложки муки, 125 г изюма (кишмиша). Соль, перец, лимонный сок и сахар по вкусу. Отваривать предварительно замоченную сою на медленном огне, пока не станет мягкой. Сцедить воду. Нарезанные лук, чеснок, яблоко обжаривать в масле, пока не станут мягкими. Добавить муку, 0,3 л сцеженной из сои воды, изюм и сою, тщательно перемешать. Варить на медленном огне 20 минут.

Пирожное из тофу и свежих фруктов. Перетереть вместе 200 г тофу и 200 г свежих фруктов или ягод (абрикосы, черная смородина и другие ягоды или фрукты, дающие мякоть и сок), добавить фруктовый сироп. Разделить на 2—3 порции, охладить и посыпать измельченными орехами.

Шоколадный торт. Взбить 200 г меда (или сахара), 200 мл растительного масла, 450 г тофу, 1 столовую ложку соли, ванилин. Добавить 300 г пшеничной муки и 170 г порошка какао. Хорошо перемешать. Выпекать на сильном огне (180°C) около 30 минут.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К настоящему времени можно утверждать, что соя прочно заняла место среди сельскохозяйственных культур умеренной зоны. И это несмотря на то, что еще полстолетия назад ее возделывание севернее 50-й параллели считалось невозможным. В странах Восточной Европы наблюдается устойчивый рост интереса к сое. Так, на Украине посевные площади под соей за последние три года возросли в десятки раз; в России развернуто строительство крупных заводов по переработке сои, планируется (впервые на таком уровне) проведение Всероссийского совещания производителей и переработчиков сои. При соответствующем подходе соя может стать одной из наиболее экономически рентабельных и многосторонних по использованию культур.

Ранее соя использовалась преимущественно в животноводстве. Но благодаря действительно уникальному в растительном мире биохимическому составу зерна все большее применение она находит в производстве продуктов питания. Этому способствует и активизация усилий селекционеров по созданию пищевых сортов сои, отличающихся повышенным содержанием белка и пониженным — антипитательных веществ, улучшенными вкусовыми качествами.

Последнее десятилетие отмечено значительными успехами в селекции сои, которой в России и Украине занимаются около двадцати селекционных центров. Имеющийся сортимент позволяет производителю подобрать сорта, наиболее полно соответствующие условиям хозяйствования, адаптированные к местной сумме активных температур и долготе дня, хорошо приспособленные к механизированной уборке, обладающие качеством зерна, необходимым для переработки на пищевые и фуражные цели, устойчивые к неблагоприятным факторам среды, отзывчивые на высокую культуру

земледелия. Способность сои формировать «энергоемкий» урожай за счет фиксации атмосферного азота, ее благотворное влияние на плодородие и состояние почвы, вероятно, скажутся положительно на распространении этой культуры в системе ресурсосберегающих технологий. Таким образом, можно прогнозировать дальнейший рост площадей, занятых под соей, как в черноземной, так и в нечерноземной зонах Восточной Европы.

ЛИТЕРАТУРА

Адамень Ф.Ф., Сичкарь В.И., Письменов В.Н., Шерстобитов В.В. Соя: промышленная переработка, кормовые добавки, продукты питания. Киев: Нора-принт, 2003. — 475 с.

Арора С.К. (ред.). Химия и биохимия бобовых растений. М.: Агропромиздат, 1986. — 336 с.

Баранов В.Ф., Ефимов А.Г., Уго Торо Корреа. Отзывчивость различных сортов сои на уплотнение агроценоза в широкорядном посеве // Повышение продуктивности сои. Краснодар, 2000. С. 104—108.

Баранов В.Ф. Агрономические аспекты повышения засухоустойчивости ценозов сои // Повышение продуктивности сои. Краснодар, 2000. С. 71—76.

Боднар Г.В., Лавриненко Г.Т. Зернобобовые культуры. М.: Колос, 1977. — 256 с.

Борович С. Принципы и методы селекции растений. М., 1984. — 344 с.

Гончарык М. Аб культури сої ў БССР // Савецкая краіна. Т. 12. Менск, 1932.

Гончаров П.Л., Гончаров Н.П. Методические основы селекции растений. Новосибирск, 1993. — 312 с.

Давыденко О.Г. Внимание: соя. Минск: Ураджай, 1995. — 222 с.

Давыденко О.Г., Анощенко Б.Ю., Подлиских В.Е., Соколов А.А., Трухановец Н.Л. Перспективы селекции сои в Белоруссии // Проблемы и перспективы селекции зерновых, зернобобовых и кормовых культур в XII пятилетке: Тез. докл. конф. Жодино, 1985. С. 47—48.

Давыденко О.Г., Голоенко Д.В., Розенцвейг В.Е., Доморощенкова М.Л., Демьяненко Т.Ф., Спецакова И.Д. Раннеспелые сорта сои для производства пищевых белковых продуктов // Масложир. пром-сть. 2004. № 1. С. 20—21.

Ермишин А.П. Генетически модифицированные организмы: мифы и реальность. Минск: Тэхналогія, 2004. — 118 с.

Картахенский протокол по биобезопасности и конвенции о биологическом разнообразии. Секретариат конвенции по биологическому разнообразию (SCBD). Монреаль, 2000. — 40 с.

Кобызева Л.Н., Рябчун В.К., Безугла О.М. и др. Каталог коллекции сои Национального центра генетических ресурсов растений Украины. Исходный материал для селекции сои в условиях восточной лесостепи Украины. Вып. 1. Харьков, 2002. — 103 с.

Коновалов Ю.Б. (ред.). Частная селекция полевых культур. М.: Агропромиздат, 1990. — 543 с.

Кочегура А.В. Селекция сои разных направлений использования: Автореф. дис. д-ра с.-х. наук. Краснодар, 1998. — 47 с.

Лещенко А.К., Сичкарь В.И., Михайлов В.Г., Марьюшкин В.Ф. Соя. Киев: Наукова думка, 1987. — 256 с.

Логинов В.Ф. Климат Беларуси. Минск: Институт геологии, 1996. — 235 с.

Международный классификатор рода *Glycine* Willd. Л., 1990. — 48 с.

Мережко А.Ф. Проблема доноров в селекции растений. СПб, 1994. — 127 с.

Морозкина Т.С., Далидович К.К. Питание в профилактике и лечении рака. Минск, 1998. — 352 с.

Околелова Т.М., Румянцев С.Д., Кулаков А.В., Морозов А.М., Иевлев С.А. Корма и биологически активные добавки для птицы. М., 1999. — 96 с.

Петибская В.С. Пути снижения активности ингибиторов трипсина в семенах сои // Повышение продуктивности сои. Краснодар, 2000. С. 12—19.

Петибская В.С., Баранов В.Ф., Кочегура А.В., Зеленцов С.В. Соя: качество, использование, производство. М., 2001. — 64 с.

Посыпанов Г.С. Соя // Частная селекция полевых культур. М.: Агропромиздат, 1990. С. 269—284.

Результаты испытания сортов сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь за 1999—2001 годы. Ч. 2. Минск, 2001. — 326 с.

Результаты испытания сортов сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь за 2001—2003 годы. Ч. 2. Минск, 2003. — 372 с.

Розенцвейг В.Е., Голоенко Д.В., Шаблинская О.В., Давыденко О.Г. О реакции ветвистых и одностебельных сортов сои на плотность стеблестоя // Селекция и семеноводство. 2003. № 2. С. 10—12.

Сальников В.К. Возделывание сои в США и Канаде. М., 1972. — 49 с.

Системы ведения сельского хозяйства Республики Беларусь. Мн., 1996. — 251 с.

Сичкарь В.И. Генетические основы селекции сои на повышенную продуктивность // Приемы регулирования продуктивности сои. Новосибирск, 1987. С. 33—52.

Страж Р.Г. Соя ў БССР. ДВБ «Сельгассектар», 1932. — 36 с.

Хрустич М., Видич М., Миладинович Е., Малиджа Г., Синджич М., Релин В. Соя: общие положения и рекомендации по выращиванию. Нови Сад, 2001. — 20 с.

Тихончук П.В., Радикорская В.А. Некоторые итоги селекции сельскохозяйственных культур в Дальневосточном госагроуниверситете // Селекция и семеноводство, 2000. № 3. С. 11—13.

Фадеева Т.С., Буренин В.И. (ред.). Генетика культурных растений. Л.: Агропромиздат, 1990. — 287 с.

Шаколо И.П. (ред.). Республиканская комплексная программа «Кормопроизводство и кормовые добавки на 1996—2000 годы». Минск, 1997. — 142 с.

Щелко Л.Г. Соя // Генофонд и селекция зерновых бобовых культур. СПб: ВИР, 1995. С. 196—305.

Щербаков В.А. (ред.). Яровые масличные культуры. Минск: ФУАинформ, 1999. — 288 с.

Abe J., Han O.K., Komatsu K., Shimamoto Y. Assignment of the E4 locus to Soybean classical linkage group 4 // Soybean Genetics Newsletter, 2003. Vol. 30 (online).

Ablett G.R. Performance and stability of indeterminate and determinate soybean in short-season environments // Crop Sci. 1989. Vol. 29. P. 1428—1433.

Anoshenko B.Y. Estimation of parental value for varieties used in plant breeding // Plant Breeding 1998. Vol. 117. P. 131—137.

Arahana V.S., Graef G.L., Specht J.E., Steadman J.R., Eskridge K.M. Identification of QTLs for resistance to Sclerotinia sclerotiorum in soybean // Crop Sci. 2001. Vol. 41. P. 180—188.

Bernard R.L. Two genes for time of flowering and maturity in soybeans // Crop Sci. 1971. Vol. 11. P. 242—244.

Bernard R.L. Two genes affecting stem termination in soybeans // Crop Sci. 1972. Vol. 12. P. 235—239.

Bertolla F., Kay E., Simonet P. Potential dissemination of antibiotic resistance genes from transgenic plants to microorganisms // Infect. Control Hosp. Epidemiol. 2000. Vol. 21. P. 390—393.

Buzzell R.I., Voldeng H.D. Inheritance of insensitivity of to long daylength // Soybean Gen. Newsl. 1980. Vol. 7. P. 26—29.

Cober E.R., Madill J., Voldeng H.D. Early tall determinate soybean genotype E1E1e3e3e4e4dt1dt1 sets high bottom pods // Can. J. Plant Sci. 2000. Vol. 80. P. 527—531.

Cober E.R., Stewart D.W., Voldeng H.D. Photoperiod and temperature responses in early-maturing, near-isogenic soybean lines // Crop Sci. 2001. Vol. 41. P. 721—727.

Cober E.R., Voldeng H.D. E3 and Dt1 linkage // Soybean Gen. Newsl. 1996. Vol. 23. P. 56—57.

Cober E.R., Voldeng H.D. Developing of high-protein, high-yielding soybean populations and lines // Crop Sci. 2000. Vol. 40. P. 39—42.

Cober E.R., Voldeng H.D. A new soybean maturity and photoperiod sensitivity locus linked to E1 and T // Crop Sci. 2001. Vol. 41. P. 698—701.

Coghlan A. Splitting headache. Monsanto's modified soya beans are cracking up in the heat. New Scientist, 20.11.1999.

Conner A. J., Glare T. R., Nap J.-P. The release of genetically mo-

modified crops into the environment. Part II: Overview of ecological risk assessment // *Plant J.* 2003. Vol. 33. P. 19–46.

Costa J.A., Oplinger E.S., Pendleton J.W. Response of soybean cultivars to planting patterns // *Agron. J.* 1980. Vol. 72. P. 153–157.

De Silva J., Verhoeven M.E. Production and characterization of antisense-exogalactanase tomatoes // Report of the demonstration program on food safety evaluation of genetically modified foods as a basis for market introduction. 1998. P. 99–106.

Destro D., Carpentieri-Pipolo V., Kiihl R.A.S., Almeida L.A. Photoperiodism and genetic control of the long juvenile period control in soybean: a review // *Crop Breeding and Appl. Biotechnol.* 2001. Vol. 1. P. 72–92.

Directive 2001/18/EC of the European Parliament and of the Council of 12 March 2001 «On the deliberate release into the environment of genetically modified organisms» // *Official Journal of the European Communities.* 33 p.

Ellstrand N.C. Gene flow from transgenic crops to wild relatives: what have we learned, what do we know, what do we need to know? // *Gene Flow Workshop, Ohio State Univ., March 5–6, 2002.* P. 39–46.

Elmore R.W., Roeth F.W., Nelson L.A., Shapiro C.A., Klein R.N., Knezevic S.Z., Martin A. Glyphosate-resistant soybean cultivar yields compared with sister lines // *Agron. J.* 2001. Vol. 93. P. 408–412.

Eloanson R. Continued breeding for adaptation in Swedish soybeans // *Agri hortique genetica*, 1984. Vol. 2.

FAO/WHO. Safety aspects of genetically modified foods of plant origin. Report of joint FAO/WHO expert consultation of foods derived from biotechnology. Geneva, May 23–June 2, 2000. P. 1–37.

Gay D.C., Hegstad J.M., P.A., Nickell C.D. Influence of wp on pod characteristics and agronomic traits of soybean lines // *Soybean Gen. Newsl.* 1999. Vol. 26 (online).

Guamet J.J., Nakayama F. Varietal responses of soybeans to long day during reproductive growth // *Japan. J. Crop Sci.* 1984. Vol. 53. P. 299–306.

Hall L., Topinka K., Huffman J., Davis L., Allen A. Pollen flow between herbicide-resistant Brassica napus is the cause of multiple-resistant B. napus volunteers // *Weed Science* 2000. Vol. 48. P. 688–694.

Hartung R.C., Specht J.E., Williams J.H. Modification of soybean plant architecture by genes for stem growth habit and maturity // *Crop Sci.* 1981. Vol. 21. P. 51–56.

Health Canada. Novel food information — food biotechnology. High oleic soybean lines G 94-1, G 94-19, and G 168 // www.hc-sc.gc.ca/food-aliment, 2000.

Hoggard A.L., Grover Shannon J., Johnson D.R. Effect of plant population on yield and height characters in determinate soybeans // *Agron. J.* 1978. Vol. 70. P. 1070–1073.

Holmberg S.F. Soya-bean adaptation in Sweden // *World crops.* 1956. Vol. 8 (3).

Holmberg S.F. Soyabeans for cool temperature climates // *Agri hortique genetica*, 1973. Vol. 31.

Knutzon D. S. et al. // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. 1992. Vol. 89. P. 2624–2628.

Lueschen W.E., Hicks D.R. Influence of plant population on field performance of three soybean cultivars // *Agron. J.* 1977. Vol. 69. P. 390–393.

Mandl F.A., Buss G.R. Comparison of narrow and broad leaflet isolines of soybean // *Crop Sci.* 1981. Vol. 21. P. 25–28.

Martin S.K.St. Selection limits – how close are we? *Soybean Gen. Newsl.* 2001 (online), www.soygenetics.org/articles/sgn2001-003.htm

McBlain B.A., Bernard R.L. A new gene affecting the time of flowering and maturity in soybeans // *J. Hered.* 1987. Vol. 78. P. 160–162.

Mikkelsen T.R., Andersen B., Jorgensen R.B. The risk of crop transgene spread // *Nature*. 1996. Vol. 380. P. 31.

Molnar S.J., Rai S., Charette M., Cober E.R. Simple sequence repeats (SSR) markers linked to E1, E3, E4, and E7 maturity genes in soybean // *Genome*. 2003. Vol. 46. P. 1024–1036.

Morrison M.J., Voldeng H.D., Guillemette R.J.D., Cober E.R. Yield of cool-season soybean lines differing in pubescence color and density // *Agron. J.* 1997. Vol. 89. P. 218–221.

Nap J.-P., Bijvoet J., Stikema W.J. Biosafety of kanamycin-resistant transgenic plants // *Transgenic Res.* 1992. Vol. 1. P. 239–249.

Nelson R. The inheritance of a branching type in soybean // *Crop Sci.* 1996. Vol. 36. P. 1150–1152.

O'Dell A., Scarisbrick D.H., Abbas Akbari G.H. The effect of sowing date on vegetative development and flowering of Belarussian soybeans in the UK // *Ann. Appl. Biol.* 2000. Vol. 136. P. 259–265.

OECD. Safety evaluation of foods derived by modern biotechnology. Concepts and principles. Paris, 1993a.

OECD. Safety considerations for biotechnology: scale up of crop plants. Paris, 1993b.

Quist D., Chapela I.H. Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico // *Nature*. 2001. Vol. 414. P. 541–543.

Rosenzweig V.E., Goloenko D.V., Davydenko O.G., Shablinskaya O.V. Breeding strategies for early soybeans in Belarus // *Plant Breeding*. 2003. Vol. 122 (5). P. 456–458.

Scott W.O., Aldrich R.S. Modern soybean production. IL, 1983.

Smalla K., Borin S., Heuer H., Gebhard F., van Elsas J.-D., Nielsen K. Horizontal transfer of antibiotic resistance genes from transgenic plants to bacteria – are there new data to fuel the debate? // *Proc. 6th Int. Symposium «Biosafety of genetically modified organisms»*. Saskatoon, 2000a. P. 146–154.

Smalla K., Gebhard F., Heuer H. Antibiotika-Resistenzgene als Mar-

ker in genetisch veränderten Pflanzen — Gefahr durch horizontalen Gentransfer? Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 2000b. Bd. 52. S. 62—67.

Smith et al. Inhibition and effect on ripening of antisense polygalacturonidase genes in transgenic tomatoes // *Plant Mol. Biol.* 1990. Vol. 14. P. 369—379.

Snow A.A., Palma P.M. Commercialization of transgenic plants: potential ecological risks // *Bioscience* 1997. Vol. 47 (2). P. 86—96.

Stewart C.N., Richards H.A., Halfhill M.D. Transgenic plants and biosafety: science, misconceptions, and public perceptions // *Biotechniques*. 2000. Vol. 29. P. 832—843.

Szyrmer J. Hodowla i wprowadzenie do uprawy krajowych odmian soi // *Biuletyn Instytutu hodowli i aklimatyzacji roślin*. Radzików, 1987. P. 25—35.

Tasma I.M., Shoemaker R.C. Mapping flowering time gene homologs in soybean and their association with maturity (*E*) loci // *Crop Sci.* 2003. Vol. 43. P. 319—328.

University of Kentucky (online) // www.uky.edu, 2002.

University of Maryland (online) // www.agnr.umd.edu/users/nrsl/crops/soybeans/2001ediblesoybean.pdf, 2001.

University of Wisconsin (online) // corn.agronomy.wisc.edu, 2003.

Van der Vossen J.M.B.M., Havekes W.A.L.M., Koster D.S., Ten Brink B., Minekus M., Havenaar R., Huis in't Veld J.H.J., Overeem J., Hendriks N., Hofstra H. Development and application of in vitro intestinal tract model for safety evaluation of genetically modified foods // Report of the demonstration programme on food safety evaluation of genetically modified foods as a basis for market introduction, 1998. P. 81—90.

Vigier B., Chan Y.-K., Cober E., Nozzolillo C. (online). Potential of anthocyanin «pink» pigments contained in soybean stems as a marker for white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) resistance // www.nsac.ns.ca/pas/ecco/oilseed.htm, 2003.

Voldeng H.D., Guillemette R.J.D., Leonard D.A., Cober E.R. AC Proteus soybean // *Can. J. Plant Sci.* 1996. Vol. 76. P. 153—154.

Voldeng H.D., Cober E.R., Hume D.J., Gillard C., Morrison M.J. Fifty-eight years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada // *Crop Sci.* 1997. Vol. 37. P. 428—431.

Wilcox J.R. (ed.). Soybeans: improvement, production, and uses // *Agronomy series*, 16. ASA. Madison, WI, 1987.

Willmott E., Scarisbrick D.H., O'Dell A. Factors influencing the production and commercial development of Northern Soya in the UK // *Aspects Appl. Biol.* 1999, 55.

Wilson L.A. (online). Current development in soyfood processing in North America // www.gsf.99.uiuc.edu, 1999.

Yamanaka N., Ninomiya S., Hoshi M., Tsubokura Y., Yano M.,

Nagamura Y., Sasaki T., Harada K. An informative linkage map of soybean reveals QTLs for flowering time, leaflet morphology and regions of segregation distortion // www.dna-res.kazusa.or.jp/8/2/02/htmla, 2002.

Yang Q., Wang J. Agronomic traits correlative analysis between interspecific and intraspecific soybean crosses // *Soybean Gen. Newsl.* (online), 2000, 27: www.soygenetics.org/articles2000/sgn2000-003.htm

Ying-qian Q., Keping M., Wei W., Kequan P. Biosafety status and responses // *Conserving China's biodiversity*, II. Beijing, 1996. P. 182–187.

Zhang G., Du W. The effects of daylength on the growth of soybean and the creation of wide-adaptation germplasm // *Soybean Gen. Newsl.* (online) 1999, 26: www.soygenetics.org/articles/sgn1999-001.html

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
Глава 1. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗНООБРАЗИЕ ФОРМ КУЛЬТУРНОЙ СОИ	7
Глава 2. БОТАНИЧЕСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОИ	15
Морфология сои	15
Физиологические потребности в абиотических факторах среды	21
Болезни сои	24
Глава 3. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ЗЕРНА СОИ	26
Белки сои	27
Масло сои	30
Другие компоненты	33
Глава 4. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ СОИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ	34
Глава 5. СОЯ В СЕВЕРНЫХ СТРАНАХ	43
Глава 6. ИСТОРИЯ СОИ В БЕЛАРУСИ	51
Глава 7. ПОДХОДЫ К СЕЛЕКЦИИ РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ	63
Значение концепции сорта в селекции растений	63
Проектирование архитектурной модели растения. Тип роста	64
Ветвистость и плотность стеблестоя	68
Другие элементы структуры урожая	70
Оптимизация вегетационного периода. Соотношение фаз вегетации	71
Фотопериодизм	73

Качественные признаки	76
Улучшение качества зерна	77
Использование методов молекулярной генетики	78
Исходный материал для селекции	79
Подбор родительских пар для гибридизации	82
Глава 8. КАТАЛОГ КОЛЛЕКЦИИ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА КОМПАНИИ «СОЯ-СЕВЕР»	86
Описание показателей, использованных при характеристике образцов сои в каталоге	87
Глава 9. ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА В КОМПАНИИ «СОЯ-СЕВЕР»	106
Коллекция исходного материала	107
Гибридизация	108
Селекционный процесс	108
Глава 10. СОРТА СОИ ДЛЯ БЕЛАРУСИ	111
Вилия	111
Ясельда	111
Ствига	112
Устя	113
Березина	113
Припять	114
Снежок	115
Северная звезда	115
Глава 11. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ	118
Размещение в севообороте	118
Обработка почвы и удобрения	118
Посев и предпосевная обработка семян	119
Гербициды	121
Уход за посевами	122
Уборка	123
Сушка, доработка и хранение семян и зерна	124
Глава 12. БЕЛОРУССКАЯ СОЯ НА ПОЛЯХ АНГЛИИ	125
Глава 13. ТРАНСГЕННЫЕ РАСТЕНИЯ: НАУЧНЫЙ ВЗГЛЯД НА АСПЕКТЫ БИОБЕЗОПАСНОСТИ	132
Принципы получения трансгенных растений	132

Оценка риска ГМ растений для окружающей среды и здоровья человека.	136
Трансгенная соя	142
Глава 14. ПРОДУКТЫ И БЛЮДА ИЗ СОИ	146
Продукты из цельных зерен сои	148
Продукты комплексной переработки сои	149
Соевое молоко и продукты из него	150
Ферментированные соевые продукты	154
Рецепты блюд из сои	155
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	162
ЛИТЕРАТУРА	164

Научно-популярное издание

Давыденко Олег Георгиевич
Голоенко Денис Валерьевич
Розенцвейг Владислав Евгеньевич

СОЯ
для умеренного климата

Редактор
Янина Мартинович

Корректор
Ирина Юхневич

Макетирование
Кастусь Санько

Художественное оформление
Виталь Катович, Кастусь Кислейко

Технический редактор
Алла Толстая

Подписано в печать 27.10.04. Формат 84x108 1/32. Бумага офсетная.

Гарнитура Peterburg. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 9,24 + 0,84 вкл. на мел. бум. Уч.-изд. л. 10,2.

Тираж 2000 экз. Заказ № 3560.

НПК «Тэхналогія». ЛИ № 02330/0133234 от 30.04.04.

220007, Минск, ул. Левкова, 19.

Сертификат издательской деятельности МН № 0000385,
выдан 19.03.99 Белорусской торгово-промышленной палатой.

Республиканское унитарное полиграфическое предприятие
«Барановичская укрупненная типография».

225409, Брестская область, г. Барановичи, ул. Советская, 80.

Селекционно-семеноводческая компания «СОЯ-СЕВЕР Ко.»

Основными направлениями деятельности ООО «Соя-Север Ко.» являются селекция и семеноводство сои и подсолнечника, промышленное производство маслосемян, переработка растительного сырья на масло и шрот, а также производство продуктов питания на основе сои. Это позволило комплексно осуществлять научную, селекционно-семеноводческую и внедренческую работу за счет собственных средств.

Высокая профессиональная квалификация сотрудников компании позволяет эффективно вести полномасштабную селекцию ряда масличных культур с целью создания сортов и гибридов применительно к условиям Беларуси и стран с аналогичными климатическими условиями (до 54° северной широты и суммой активных температур от 2000°C).

К настоящему времени в Беларуси районированы 4 сорта сои селекции ООО «Соя-Север Ко.». Сорт Ясельда зарегистрирован в России, Великобритании и Киргизии.

Созданы и проходят испытания новые сорта сои, характеризующиеся раннеспелостью, высокой урожайностью, хорошими технологическими качествами и высоким содержанием белка.

Наши сорта:

- генетически не модифицированы
- созданы специально для Беларуси и России
- вызревают в сентябре
- обладают потенциалом урожайности в производстве около 3 т/га
- содержат 38—44% белка и 18—22% масла в зерне
- не требуют специальных условий и приспособлений для выращивания.

Наши координаты:

Староборисовский тракт 34

Минск 220141 Беларусь

Тел. (+375 17) 263-37-03, 264-23-34

Факс (+375 17) 263-58-27

E-mail: soyanort@home.by

大豆

**ООО «Соя-Север Ко.» –
это 20-летний опыт работы
в селекции и семеноводстве**

- Селекция и семеноводство раннеспелых сортов сои
- Продажа семян сортов сои, зарегистрированных в Беларуси и России
- Селекция и производство гибридных семян подсолнечника
- Разработка и внедрение оптимальной агротехники возделывания
- Консультационные услуги производителям масличных культур

Староборисовский тракт, 34
Минск, 220141, Беларусь
Тел.: (+375 17) 263 37 03, 264 23 34
Факс (+375 17) 263 58 27
E-mail: soyanort@home.by

ISBN 985-458-111-X



9 789854 581118